

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

Kapacitní posouzení terminálu Paskov

Terminal Paskov Capacity Assessment

Student:

Bc. Martin Hradil

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Michal Dorda, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Institut dopravy

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Hradil**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T003 Dopravní technika a technologie
Specializace: 30 Technologie dopravy
Téma: **Kapacitní posouzení terminálu Paskov**
Terminal Paskov Capacity Assesment

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Teoretická východiska pro řešení práce
3. Charakteristika terminálu a technologických procesů
3. Analýza vstupních údajů pro potřeby simulačního modelu
4. Tvorba simulačního modelu
5. Provedené experimenty a jejich vyhodnocení
6. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

DANĚK, J.: *Logistika*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava. 2004. ISBN 80-248-0705-X.
KŮS, Z., GLOMBÍKOVÁ V., HALASOVÁ, A.: *Simulace výrobních systémů - díl 1*. Liberec: Technická univerzita v Liberci. 2002. ISBN 55-082-02.
Manuály k simulačnímu software Witness.
Interní materiály AWT a.s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michal Dorda, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- souhlasím s tím, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečné ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Poděkování

Chtěl bych poděkovat za čas, cenné rady, připomínky a pomoc vedoucímu diplomové práce Ing. Michalu Dordovi Ph.D.

Dále děkuji panu Ing. Lubomíru Malinovskému z Advanced World Transport a.s. za poskytnutí informací a údajů o provozu na terminálu Ostrava-Paskov.

Anotace diplomové práce

HRADIL, M. Kapacitní posouzení terminálu Paskov. Ostrava: Institut dopravy, Fakulta strojní VŠB – Technická univerzita Ostrava, 2014, 105 str. Diplomová práce, vedoucí Dorda, M.

Diplomová práce se zabývá sestavením simulačního modelu terminálu Paskov. V první části práce je provedena analýza získaných charakteristik, které byly zjištěny v podmínkách reálného provozu terminálu. Následně je popsáno sestavení simulačního modelu v simulačním programu Witness 2008. V další části je provedena modifikace simulačního modelu vztahující se k rozšíření kapacity terminálu. Na tomto výsledném simulačním modelu se provedly simulační experimenty, kdy docházelo k postupnému zvyšování intenzity příjíždějících vlaků na terminál. V závěru práce je provedeno vyhodnocení těchto provedených simulačních experimentů.

Annotation of Thesis

HRADIL, M. Terminal Paskov Capacity Assessment. Ostrava: Institute of Transport, Faculty of Mechanical Engineering, VŠB – Technical University of Ostrava, 2014, 105 p., Thesis, head: Dorda, M.

This Thesis is concerned with constructing a simulation model Paskov Terminal. The first part is an analysis of acquired characteristics, which were detected in real-life conditions of the Terminal. Subsequently describes the compilation of the simulation model in the simulation program Witness, 2008. The next part is a modification of the simulation model related to the expansion of terminal capacity. On the resulting simulation model is carried out simulation experiments in which there was a gradual increase in the intensity of incoming trains to the Terminal. The conclusion of such an evaluation conducted simulation experiments.

Obsah

Seznam použitých zkratek	8
1 Úvod	9
2 Teoretická východiska pro řešení práce	10
2.1 Testování statistických hypotéz	10
2.2 Pearsonův χ^2 test dobré shody	14
2.3 Intervalové odhady.....	16
2.3.1 Intervalový odhad střední hodnoty	16
3 Charakteristika terminálu a technologických procesů.....	23
3.1 Popis terminálu	24
3.2 Technologie práce v terminálu.....	25
3.3 Manipulace s kontejnery a návěsy	27
4 Analýza vstupních údajů pro potřeby simulačního modelu	29
4.1 Otestování mezer mezi příjezdy s využitím Pearsonova χ^2 test dobré shody.....	31
4.2 Kapacita úložných ploch terminálu pro jednotlivé společnosti	37
5 Tvorba simulačního modelu	39
5.1 Validace simulačního modelu	69
5.2 Porovnání simulačních výstupů v rámci validace modelu.....	75
6 Vyhodnocení provedených experimentů	80
6.1 Simulační experiment č. 1	81
6.1.1 Úprava simulačního modelu pro experiment č. 1	82
6.2 Vyhodnocení simulačních experimentů.....	87
7 Závěr.....	90
Seznam použité literatury	92
Seznam příloh	93
Seznam elektronických příloh	94

Seznam použitých zkratk

a.s.	.....	akciová společnost
apod.	.....	a podobně
h	.....	počet odhadovaných parametrů rozdělení
k	.....	počet tříd
max.	.....	maximálně
MS	.....	Microsoft
n	.....	rozsah souboru
n_i	.....	pozorovaná četnost
$n \cdot \pi_{0,i}$	.....	pozorovaná (teoretická) četnost
R	.....	variační rozpětí
T_d	.....	dolní mez konfidenčního intervalu
T_h	.....	horní mez konfidenčního intervalu
tj.	.....	to je
tzn.	.....	to znamená
x_{\max}	.....	maximální hodnota ve výběru
x_{\min}	.....	minimální hodnota ve výběru
\bar{x}	.....	výběrový průměr
x_{obs}}	.....	pozorovaná hodnota testové statistiky
$z_{1-\frac{\alpha}{2}}$	.....	kvantil normovaného rozdělení
α	.....	hladina významnosti
μ	.....	parametr exponenciálního rozdělení
σ	.....	směrodatná odchylka
χ_{krit}}	.....	kritická hodnota testu

1 Úvod

Intermodální přeprava je nákladní doprava, která při přepravě nákladů využívá více druhů doprav. Mezi nejčastěji využívané druhy patří silniční, železniční a námořní doprava. Snahou je omezit přepravu nákladu po silnici, kdy je při tomto použití dopravy nejvíce zatěžováno životní prostředí. Proto se silniční doprava využívá pouze pro svoz a rozvoz nákladu na menší vzdálenosti. Je-li větší část přepravy prováděna po železnici, hovoří se o kombinované přepravě.

Součástí technické základny kombinované přepravy jsou překladiště, kde dochází k překládce kontejnerů řady ISO, výměnných nástaveb a silničních návěsů. Překladiště je tedy místo, kde se střetávají jednotlivé druhy doprav využívané při překládce přepravních jednotek. V České republice se hovoří pouze o intermodálních terminálech, kdy se překládka provádí mezi železniční a silniční dopravou. V České republice existuje několik takových terminálů, mezi největší patří v Praze-Uhřetěvsi (METRANS), Lovosice (ČD - DUSS Terminál), Mělník (Melnik Intermodal Terminal), Žižkov (SKD Intrans) a Paskov (AWT).

Diplomová práce se zabývá sestavením simulačního modelu terminálu Paskov společnosti AWT a.s. V terminálu probíhá manipulace s přepravními jednotkami, kterými jsou kontejnery o délce 20 a 40 stop a silniční návěsy. Překládka zboží probíhá mezi železniční a silniční dopravou. Terminál disponuje 3 manipulačními koleji a k překládce jsou k dispozici 4 mobilní překladače neboli reachstackery. Celková kapacita terminálu je 2400 TEU. V letech 2013 - 2018 je v plánu společnosti AWT a.s. rozšířit stávající plochu terminálu vybudováním druhé části terminálu. Kapacita celého terminálu se zvětší na 4800 TEU, dojde k vybudování jedné manipulační koleje a v celém terminálu bude překládku provádět 8 mobilních překladačů.

Výstupem diplomové práce je sestavený simulační model reprezentující reálný provoz terminálu. Rozšíření simulačního modelu se vztahuje k provedení simulačních experimentů vztahujících se plánovanému rozšíření kapacity terminálu a vyhodnocení dosažených výsledků z těchto experimentů.

2 Teoretická východiska pro řešení práce

Tato kapitola obsahuje teoretické znalosti z oblastí testování statistických hypotéz, Pearsonova χ^2 testu dobré shody a intervalových odhadů potřebné pro zpracování vstupních dat pro potřeby tvorby simulačního modelu a zpracování simulačních výsledků získané z provedených simulačních experimentů.

2.1 Testování statistických hypotéz

Statistickou hypotézou chápeme určitý předpoklad o rozdělení náhodných veličin a to např.:

- náhodný výběr pochází z normálního rozdělení pravděpodobnosti,
- střední hodnoty dvou základních souborů jsou shodné,
- střední hodnota základního souboru se rovná 100.

Dělení statistických hypotéz:

- parametrická hypotéza,
- neparametrická hypotéza.

Parametrická hypotéza je hypotéza, která se vztahuje k parametrům základního souboru a to:

- ¹hypotézy o parametru jednoho základního souboru - o střední hodnotě, mediánu, rozptylu atd.,
- hypotézy o parametrech dvou základních souborů (srovnávací testy) - rovnost středních hodnot, rovnost rozptylů, atd.,
- hypotézy o parametrech tří a více základních souborů.

¹DORDA M., *Aplikace počítačů v provozu – Testování statistických hypotéz*. [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. [cit. 2014-03-27]. Dostupné na WWW: <http://homel.vsb.cz/~dor028/Aplikace_7.pdf>. s. 3.

Neparametrická hypotéza je hypotéza, která se vztahuje k jiným vlastnostem základního souboru (např. tvar rozdělení, závislost proměnných, atd.).

Dělení statistických testů:

- parametrický test,
- neparametrický test.

Parametrický test je takový test, pro který je nutno specifikovat typ rozdělení potřebný pro jeho odvození. Mezi nejčastější předpoklad patří normalita dat.

Neparametrický test jsou univerzální a pro jejich odvození se nepředpokládá konkrétní rozdělení.

V prvním kroku při statistickém testování je nutno formulovat statistické hypotézy ve formě nulové a alternativní hypotézy, které při testování stojí proti sobě a to:

- **H_0 - nulová hypotéza** vyjadřuje předpoklad, který chceme testovat (např. $\mu=100$),
- **H_1 - alternativní hypotéza** vyjadřuje to, co platí, jestliže neplatí nulová hypotéza H_0 .

Alternativní hypotézy rozlišujeme:

- levostranná alternativní hypotéza (např. $\mu<100$),
- pravostranná alternativní hypotéza (např. $\mu>100$),
- oboustranná alternativní hypotéza (např. $\mu\neq 100$).

Pro princip testování hypotéz platí, že nulovou hypotézu H_0 nemůžeme zamítnout, pokud náhodný výběr neprokáže statisticky významný rozpor s touto nulovou hypotézou.

		Výsledek testu	
		Platí H_0	Platí H_1
Skutečnost	Platí H_0	Správné rozhodnutí, pravděpodobnost $1 - \alpha$ (spolehlivost testu)	Chyba I. druhu, pravděpodobnost α (hladina významnosti)
	Platí H_1	Chyba II. druhu, pravděpodobnost β	Správné rozhodnutí, pravděpodobnost $1 - \beta$ (síla testu)

²Obr. 2.1 – Možné situace při testování hypotéz

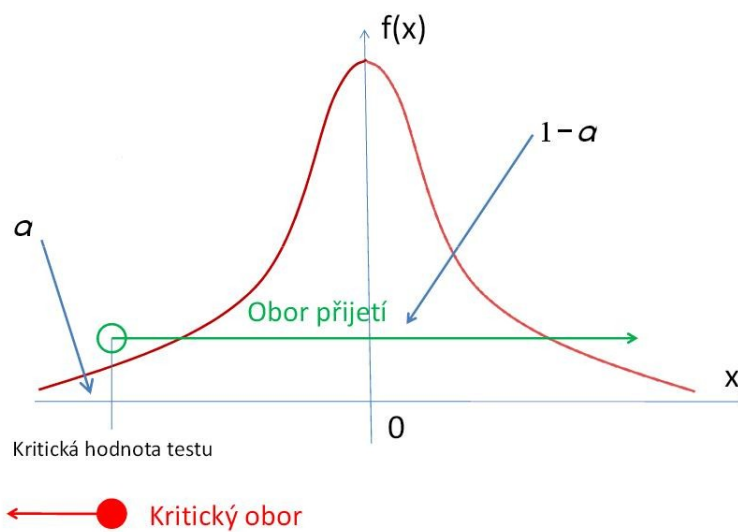
V případě chyby I. druhu a II. druhu je snahou tyto chyby minimalizovat to však není možné, jelikož snížením hodnoty β dojde k zvýšení hodnoty α a naopak. Při testování se volí hodnota α vyjadřující hladinu významnosti (nejčastěji 0,05 nebo 0,01), protože chyba I. druhu je významnější než chyba II. druhu. Hodnotu β můžeme snížit tak, že zvýšíme rozsah náhodného výběru.

Postup při testování (klasický test):

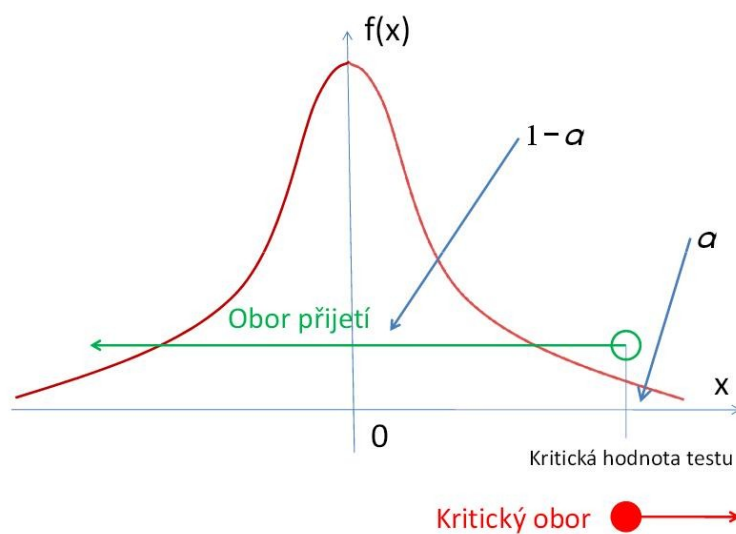
1. Formulace H_0 a H_1 hypotézy.
2. Volba testové statistiky a jejího nulového rozdělení. Pro konkrétní test je testová statistika a nulové rozdělení dána.
3. Sestrojení kritického oboru a oboru přijetí. Obor hodnot testové statistiky je rozdělen na dva disjunktní obory. Obor přijetí obsahuje všechny hodnoty testové statistiky, které nesvědčí pro zamítnutí H_0 . Kritický obor představuje všechny hodnoty testové statistiky, které svědčí pro zamítnutí H_0 . Kritický obor je tak velký, aby pravděpodobnost, že testová statistika leží, v tomto oboru byla rovna hladině významnosti α .
4. Výpočet pozorované hodnoty testové statistiky x_{obs} .
5. Rozhodnutí o výsledku testu:
 - a) x_{obs} leží v oboru přijetí, potom nezamítáme H_0 .
 - b) x_{obs} leží v kritickém oboru, potom zamítáme H_0 ve prospěch H_1 .

²DORDA M., *Aplikace počítačů v provozu – Testování statistických hypotéz*. [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. [cit. 2014-03-27]. Dostupné na WWW: <http://homel.vsb.cz/~dor028/Aplikace_7.pdf>. s. 9.

Kritický obor a obor přijetí závisí na typu použité alternativní hypotézy.

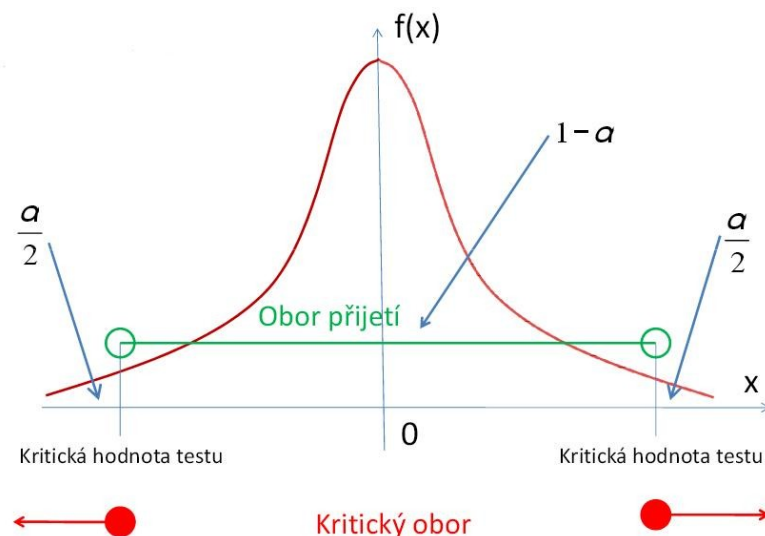


³Obr. 2.2 – Levostranná alternativní hypotéza



⁴Obr. 2.3 – Pravostranná alternativní hypotéza

^{3,4}DORDA M., *Aplikace počítačů v provozu – Testování statistických hypotéz*. [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. [cit. 2014-03-27]. Dostupné na WWW: <http://homel.vsb.cz/~dor028/Aplikace_7.pdf>. s. 13,14.



⁵Obr. 2.4 – Oboustranná alternativní hypotéza

2.2 Pearsonův χ^2 test dobré shody

Jedná se o neparametrický test, který umožňuje testovat hypotézu o tom, že náhodný výběr pochází z nějakého rozdělení pravděpodobnosti s nějakými parametry.

- H_0 - náhodný výběr pochází z konkrétního rozdělení pravděpodobnosti s konkrétními parametry.
- H_1 - náhodný výběr nepochází z konkrétního rozdělení pravděpodobnosti s konkrétními parametry.

V případě, že neznáme parametry μ a σ^2 , musíme je odhadnout. Parametry μ a σ^2 získáme pomocí následujících dvou vzorců:

$$\mu = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad \sigma^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

kde: n ...rozsah souboru,
 x_i ...pozorované četnosti,
 \bar{x} ...výběrový průměr.

⁵DORDA M., *Aplikace počítačů v provozu – Testování statistických hypotéz*. [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. [cit. 2014-03-27]. Dostupné na WWW: <http://homel.vsb.cz/~dor028/Aplikace_7.pdf>. s. 15.

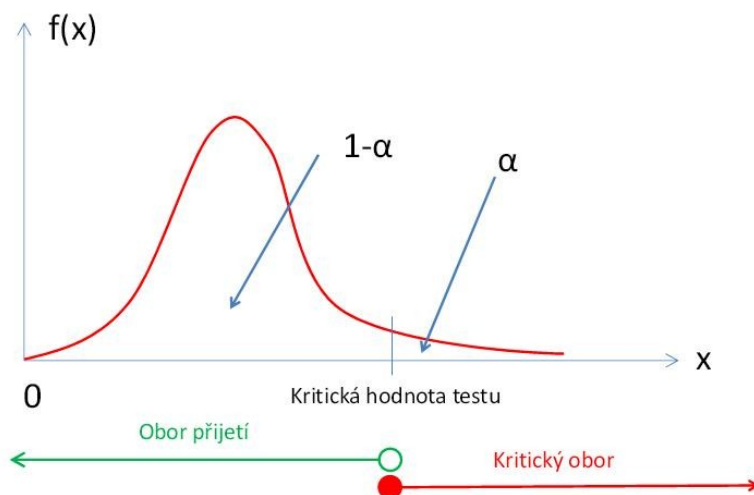
Testová statistika G:

$$G = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n \cdot \pi_{0,i})^2}{n \cdot \pi_{0,i}} \rightarrow \chi^2_{k-h-1},$$

kde: k... počet tříd,
n... rozsah souboru,
 n_i ... pozorovaná četnost v i-té třídě (pozorované četnosti),
 $n \cdot \pi_{0,i}$... teoretická četnost v dané třídě tedy četnost, kterou bychom očekávali v případě, že platí H_0 ,
h... počet odhadovaných parametrů rozdělení.

Aby se mohlo použít rozdělení χ^2 , musí pro všechny třídy platit, že teoretické četnosti $n \cdot \pi_{0,i} > 5$. Pokud tato podmínka není splněna, musí se příslušné třídy vhodně sloučit, to má za následek pokles stupňů volnosti. Testová statistika se řídí rozdělením chí-kvadrát χ^2 , je to spojité rozdělení, má jeden parametr a to počet stupňů volnosti $k - h - 1$.

V případě sestrojování kritického oboru a oboru přijetí u tohoto testu je třeba vědět, že je alternativní hypotéza vždy pravostranná, jak je znázorněno na obr. 2.5.



⁶Obr. 2.5 - Kritický obor a obor přijetí Pearsonova testu dobré shody

⁶DORDA M., *Aplikace počítačů v provozu – Testování statistických hypotéz*. [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. [cit. 2014-03-27]. Dostupné na WWW: <http://homel.vsb.cz/~dor028/Aplikace_7.pdf>. s. 22.

Kritickou hodnotu testu x_{krit} získáme jako $100 \cdot (1 - \alpha)\%$ -ní kvantil rozdělení χ^2 s příslušným počtem stupňů volnosti. Kritickou hodnotu testu můžeme odečíst z tabulek nebo vypočítat pomocí Excelu s využitím funkce CHIINV:

$$x_{krit} = \chi^2_{(1-\alpha);k-h-1} = CHIINV(\alpha; k - h - 1)$$

Rozhodnutí o výsledku testu:

- a) pozorovaná hodnota testové statistiky x_{obs} leží v oboru přijetí a proto na hladině významnosti α nezamítáme H_0 ,
- b) pozorovaná hodnota testové statistiky x_{obs} neleží v oboru přijetí a proto na hladině významnosti α zamítáme H_0 ve prospěch H_1 .

2.3 Intervalové odhady

V případě intervalových odhadů aproximujeme neznámý parametr intervalem, ve kterém hledaný parametr leží s určitou pravděpodobností. Intervalu se říká konfidenční interval. Pravděpodobnosti říkáme spolehlivost odhadu $1 - \alpha$, kde α reprezentuje hladinu významnosti, její hodnota se volí nejčastěji 0,01 nebo 0,05. S rostoucí spolehlivostí odhadu roste šířka intervalu spolehlivosti.

Rozlišují se 3 typy intervalů spolehlivosti:

- levostranný interval spolehlivosti,
- pravostranný interval spolehlivosti,
- oboustranný interval spolehlivosti.

2.3.1 Intervalový odhad střední hodnoty

Předpokladem je, že náhodný výběr pochází z normálního rozdělení pravděpodobnosti. Rozlišujeme dva případy, které mohou nastat:

1. Intervalový odhad střední hodnoty při známé směrodatné odchylce σ populace.
2. Intervalový odhad střední hodnoty při neznámé směrodatné odchylce σ populace.

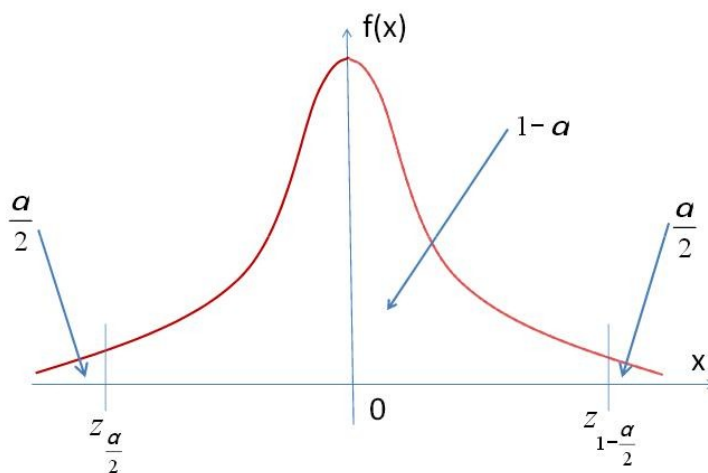
V prvním případě máme náhodný výběr o rozsahu n a s výběrovým průměrem \bar{x} , který pochází z normálního rozdělení se známým rozptylem σ^2 . Proto platí:

$$Z = \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma^2} \cdot \sqrt{n} \rightarrow N(0; 1)$$

Testová statistika se řídí normovaným normálním rozdělením se střední hodnotou $\mu = 0$ a rozptylem $\sigma^2 = 1$.

Nyní se odvodí pro střední hodnotu oboustranný interval spolehlivosti:

- $z_{\frac{\alpha}{2}}$ jako $100 \cdot \frac{\alpha}{2}$ %-ní kvantil normovaného normálního rozdělení,
- $z_{1-\frac{\alpha}{2}}$ jako $100 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)$ %-ní.



⁷Obr. 2.6 - Oboustranný interval spolehlivosti střední hodnoty se známou směrodatnou odchylkou

⁷DORDA M., *Aplikace počítačů v provozu – Testování statistických hypotéz*. [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. [cit. 2014-04-06]. Dostupné na WWW: http://homel.vsb.cz/~dor028/Aplikace_7.pdf. s. 34.

Z obrázku vyplývá, že:

$$P\left(\frac{z_{\alpha}}{2} < Z < z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \alpha$$

Za náhodnou proměnnou je dosazen její definiční vztah a poté tento vztah je dále upraven:

$$\begin{aligned} P\left(\frac{z_{\alpha}}{2} < \frac{\bar{x} - \mu}{\sigma} \cdot \sqrt{n} < z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right) &= 1 - \alpha \\ P\left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot \frac{z_{\alpha}}{2} < \bar{x} - \mu < \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right) &= 1 - \alpha \\ P\left(\bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot \frac{z_{\alpha}}{2} < -\mu < \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot z_{1-\frac{\alpha}{2}} - \bar{x}\right) &= 1 - \alpha \\ P\left(\bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot z_{1-\frac{\alpha}{2}} < \mu < \bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot \frac{z_{\alpha}}{2}\right) &= 1 - \alpha \end{aligned}$$

Pro normované normální rozdělení platí, že je souměrné podle střední hodnoty a platí vztah $\frac{z_{\alpha}}{2} = -z_{1-\frac{\alpha}{2}}$.

$$P\left(\bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot z_{1-\frac{\alpha}{2}} < \mu < \bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot z_{1-\frac{\alpha}{2}}\right) = 1 - \alpha$$

Dolní mez konfidenčního intervalu je ve tvaru:

$$T_d = \bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot z_{1-\frac{\alpha}{2}}$$

Horní mez konfidenčního intervalu má tvar:

$$T_h = \bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot z_{1-\frac{\alpha}{2}}$$

Hodnoty obou kvantilů lze zjistit pomocí statistických tabulek nebo pomocí softwaru MS Excel s využitím statistické funkce NORMSINV ve tvaru:

$$z_{1-\frac{\alpha}{2}} = NORMSINV\left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)$$

Pro levostranný interval spolehlivosti je dolní mez konfidenčního intervalu ve tvaru:

$$T_d = \bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot z_{1-\alpha}$$

Pro pravostranný interval spolehlivosti je horní mez konfidenčního intervalu ve tvaru:

$$T_h = \bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \cdot z_{1-\alpha}$$

Hodnoty obou kvantilů lze zjistit pomocí statistických tabulek nebo pomocí softwaru MS Excel s využitím statistické funkce NORMSINV ve tvaru:

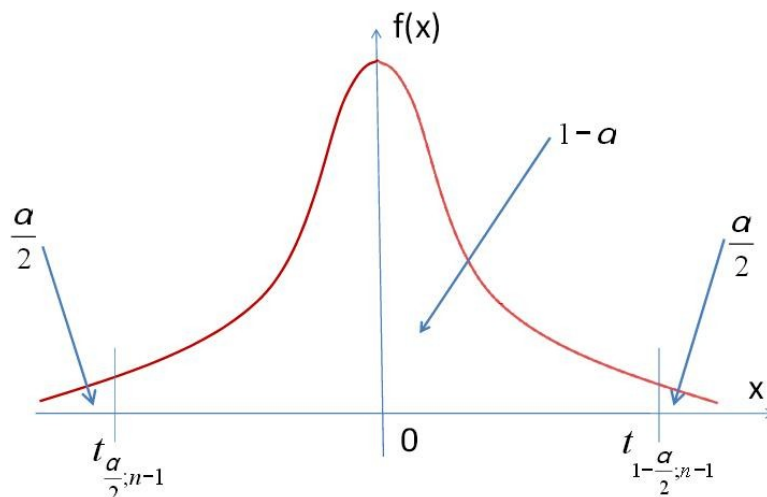
$$z_{1-\alpha} = NORMSINV(1 - \alpha)$$

V druhém případě máme náhodný výběr o rozsahu n a s výběrovým průměrem \bar{x} , které pocházejí z normálního rozdělení s neznámým rozptylem σ^2 . Proto platí:

$$T_{n-1} = \frac{\bar{x} - \mu}{s} \cdot \sqrt{n} \rightarrow t_{n-1}$$

Testová statistika se řídí Studentovým rozdělením s $n - 1$ stupni volnosti. Nyní se odvodí pro střední hodnotu oboustranný interval spolehlivosti:

- $t_{\frac{\alpha}{2}; n-1}$ jako $100 \cdot \frac{\alpha}{2}$ %-ní kvantil Studentova rozdělení s $n - 1$ stupni volnosti,
- $t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-1}$ jako $100 \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{2}\right)$ %-ní.



⁸Obr. 2.7 - Oboustranný interval spolehlivosti střední hodnoty s neznámou směrodatnou odchylkou

Z obrázku vyplývá, že:

$$P\left(t_{\frac{\alpha}{2}; n-1} < T_{n-1} < t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-1}\right) = 1 - \alpha$$

Analogicky jako v předchozím případě za náhodnou proměnnou je dosazen její definiční vztah a poté tento vztah je dále upraven:

$$P\left(t_{\frac{\alpha}{2}; n-1} < \frac{\bar{x} - \mu}{s} \cdot \sqrt{n} < t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-1}\right) = 1 - \alpha$$

$$P\left(\frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{\frac{\alpha}{2}; n-1} < \bar{x} - \mu < \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-1}\right) = 1 - \alpha$$

$$P\left(\bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{\frac{\alpha}{2}; n-1} < -\mu < \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-1} - \bar{x}\right) = 1 - \alpha$$

$$P\left(\bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-1} < \mu < \bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{\frac{\alpha}{2}; n-1}\right) = 1 - \alpha$$

⁸DORDA M., *Aplikace počítačů v provozu – Testování statistických hypotéz*. [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. [cit. 2014-04-06]. Dostupné na WWW: <http://home1.vsb.cz/~dor028/Aplikace_7.pdf>. s. 41.

I v případě Studentova rozdělení platí, že je souměrné a použijeme platný vztah

$$t_{\frac{\alpha}{2}; n-1} = -t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-1}.$$

$$P\left(\bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-1} < \mu < \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-1}\right) = 1 - \alpha$$

Dolní mez konfidenčního intervalu je ve tvaru:

$$T_d = \bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-1}$$

Horní mez konfidenčního intervalu má tvar:

$$T_h = \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-1}$$

Hodnoty obou kvantilů lze zjistit pomocí statistických tabulek nebo pomocí softwaru MS Excel s využitím statistické funkce TINV ve tvaru:

$$t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-1} = TINV(\alpha; n - 1)$$

Pro jednostranný interval spolehlivosti je dolní mez konfidenčního intervalu ve tvaru:

$$T_d = \bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{1-\alpha; n-1}$$

Pro jednostranný interval spolehlivosti je horní mez konfidenčního intervalu ve tvaru:

$$T_h = \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{1-\alpha; n-1}$$

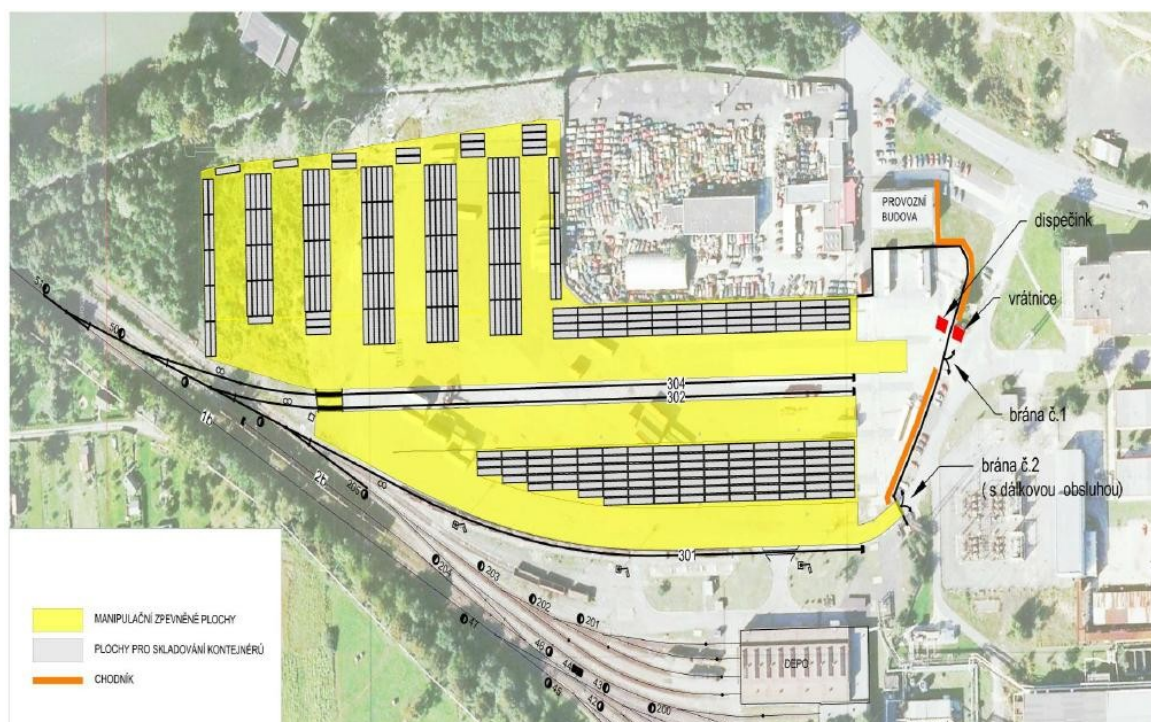
Hodnoty obou kvantilů lze zjistit pomocí statistických tabulek nebo pomocí softwaru MS Excel s využitím statistické funkce NORMSINV ve tvaru:

$$t_{1-\alpha; n-1} = TINV(2 \cdot \alpha; n - 1)$$

Je-li náhodný výběr o velkém rozsahu (tj. $n \geq 30$) nahrazuje se Studentovo rozdělení normovaným normálním rozdělením, kdy pro výpočet konfidenčního intervalu se použijí první vztahy, kde se nahradí směrodatná odchylka normálního rozdělení σ , ze kterého pochází náhodný výběr, jeho odhadem, v tomto případě výběrovou směrodatnou odchylkou s . S rostoucím počtem stupňů volnosti se Studentovo rozdělení pravděpodobnosti přibližuje normovanému normálnímu rozdělení pravděpodobnosti. Je-li $n \rightarrow \infty$, přechází Studentovo rozdělení na normované normální rozdělení.

3 Charakteristika terminálu a technologických procesů

Terminál Ostrava-Paskov je součástí skupiny AWT a. s. Je strategicky umístěn ve středu velkých průmyslových zón v Moravskoslezském kraji v blízkosti dálnice a přes provozovanou vlečku Paskov je napojen na celostátní železniční síť. Provoz terminálu byl zahájen v roce 2007. V té době terminál disponoval jednou manipulační kolejí o délce 200 metrů a kapacitou 1400 TEU. Terminál v následujících letech prošel rozsáhlou modernizací, kdy došlo k prodloužení stávající koleje z 200 na 270 m a úpravou jejího zhlaví. Byly položeny dvě nové koleje, každá o délce 270 m. Manipulační plocha terminálu byla zpevněna a jeho plocha vzrostla na celkových 31 000 m² s kapacitou 2400 TEU. 1 TEU odpovídá kontejneru o délce 20 stop.



⁹Obr. 3.1 – Schéma terminálu Paskov

⁹Provozní řád terminálu Ostrava Paskov AWT s. r. o., Příloha č. 1, str. 33.

Terminál umožňuje napojení na nejdůležitější evropské přístavy, jako je Hamburg, Koper, Trieste. Mezi hlavní relace kontejnerových vlaků patří:

- Hamburg,
- Bremenhaven,
- Koper,
- Mělník,
- Žižkov,

a relace vlaků ložených návěsy:

- Trieste,
- Lovosice.

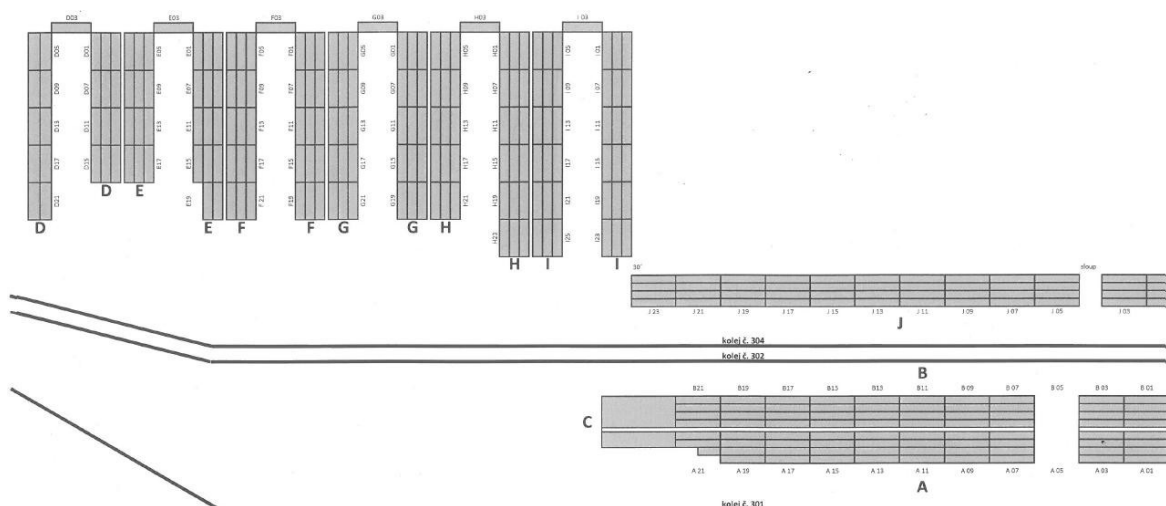
Největšími zákazníky terminálu jsou společnosti Glovis Czech Republic s.r.o., jezdící na relaci Koper, společnost ČSKD - Intrans s.r.o. (od 1. 7. 2013 pod novým názvem Rail Cargo Operator, s.r.o.) na relacích Hamburg, Žižkov, Brno, společnost Maersk Czech Republic s.r.o. na relacích Mělník, Bremenhaven, společnost Ekol v relaci Trieste a společnost Ewals Cargo Care na relaci Lovosice.

3.1 Popis terminálu

Terminál se skládá z příjezdové asfaltové komunikace, zpevněné manipulační plochy pro manipulaci s kontejnery, pro pohyb překladačů, silničních dopravních prostředků, železničního přejezdu a železničními kolejemi č. 301, 302 a 304.

Celková úložná plocha terminálu je rozdělena na jednotlivé úložné plochy označené velkými písmeny začínající od písmene A až po písmeno J. Každá úložná plocha má ještě navíc přiděleno liché číslo označující úložné pole (např. A01, A03, ..., A21) viz obr. 3.2. Jedno políčko odpovídá kontejneru délky 40 stop a stohování kontejnerů probíhá na 4 řady. Úložná plocha C je určena pro kontejnery délky 20 stop a kapacita této plochy je cca 80 TEU. V areálu terminálu mimo zpevněnou manipulační plochu probíhá navíc odstavení

návěsů určených k nakládce a vykládce. Tyto odstavné plochy se nacházejí vedle budovy dispečinku a vedle chodníku v blízkosti brány č. 2. Celková kapacita odstavných ploch je 40 návěsů.



¹⁰Obr. 3.2 – Značení úložných ploch terminálu

Terminál umožňuje překládku, svoz a rozvoz ISO kontejnerů, překládku kontejnerů, návěsů a výměnných nástaveb, krátkodobé a dlouhodobé uskladnění kontejnerů.

3.2 Technologie práce v terminálu

Terminál disponuje celkem 4 překladači. V provozu se používají maximálně tři překladače, čtvrtý je záložní.

Překladač Kalmar DRF 450-60S5X:

- provozován ve vlastnictví AWT a.s.,
- vybaven závěsným rámem (spreader) pro manipulaci s ISO kontejnery.

¹⁰Ing. Malinovský Lubomír - AWT a.s.



¹¹Obr. 3.3 – Kalmar DRF 450-60S5X

Překladače Hyster 45-24 IH:

- provozovány v pronájmu,
- pro manipulaci s ISO kontejnery o hmotnosti až 45 tun,
- pro manipulaci do vyšší druhé řady o hmotnosti až 24 tun,
- překladač vybaven kleštinami pro manipulaci s návěsy a výměnnými nástavbami (označení IF).



¹²Obr. 3.4 – Hyster 45-24 IH

¹¹Dostupné z WWW: <<http://www.opd.cz/Modules/OpdProject/Pages/Project.aspx?id=105>>

¹²Dostupné z WWW: <<http://www.awt.eu/cs/media/tiskove-zpravy/otevreny-terminal-ostrava-paskov-vyrazne-rozsiril-nabidku-sluzeb>>

Překladač Hyster 46-36 CF:

- provozován v pronájmu,
- pro manipulaci s ISO kontejnery,
- jako záložní stroj.



¹³Obr. 3.5 – Hyster 46-36 CF

3.3 Manipulace s kontejnery a návěsy

Manipulace kontejnerů při vykládce:

- překladač kontejnerů přijede k železničnímu vozu, uchopí kontejner, zvedne ho ze železničního vozu a přepraví po manipulační ploše, kde ho uloží na příslušné místo,
- překladač kontejnerů přijede ke kontejnerovému návěsu silničního vozidla, zvedne kontejner a přepraví po manipulační ploše, kde ho uloží na příslušné místo.

¹³Zdroj: vlastní.

Manipulace kontejnerů při nakládce:

- překladač kontejnerů zvedne kontejner z místa, kde byl uložen a převeze po manipulační ploše k manipulační koleji, kde ho uloží na železniční vůz.

Manipulace kontejnerů a návěsů při překládce:

- překladač kontejnerů přijede k železničnímu vozu, uchopí kontejner, zvedne ho ze železničního vozu a uloží ho na přistavený kontejnerový návěs silničního vozidla,
- překladač kontejnerů vybavený kleštinami přijede k železničnímu vozu, uchopí silniční návěs, zvedne ho z kapsového železničního vozu a uloží na manipulační plochu za silniční vozidlo,
- překladač kontejnerů přijede ke kontejnerovému návěsu silničního vozidla, zvedne kontejner a uloží ho na železniční vůz,
- překladač kontejnerů vybavený kleštinami přijede k silničnímu vozidlu s návěsem, uchopí návěs, zvedne ho z manipulační plochy od silničního vozidla a uloží ho do kapsového železničního vozu,
- manipulace s kontejnery mezi úložnými místy v rámci rychlejší a snadnější nakládky,
- jízda silničních souprav s návěsy určených nakládce a vykládce.

4 Analýza vstupních údajů pro potřeby simulačního modelu

Hlavním zdrojem dat pro potřeby simulačního modelu terminálu Paskov posloužil informační systém od společnosti CID International a.s., který terminál Paskov používá ve svém provozu. Pomocí tohoto systému je pro terminál zaznamenáváno hned několik údajů důležitých pro jeho správný a bezproblémový provoz:

- směr, zda vlaky přijíždějí nebo odjíždějí,
- relace, ze které vlaky přijíždějí a odjíždějí,
- počet kontejnerů nebo počet návěsů,
- počet vozů vlaku,
- délka vlaku,
- brutto (hmotnost) kontejnerů,
- datum nakládky vlaku,
- datum vykládky vlaku,
- datum vjezdu vlaku,
- čas vjezdu,
- čas výjezdu,
- datum výjezdu vlaku.

Výřez informačního systému s údaji z terminálu Paskov je uveden v Příloze A.

Pro potřeby simulačního modelu budou využity pouze některé údaje z informačního systému a to:

- směr,
- relace,
- počet kontejnerů,
- datum vjezdu vlaku,
- čas vjezdu.

Poskytnuté údaje z informačního systému jsou zaznamenány v období od 2. 1. 2013 do 13. 11. 2013. Nejdříve byly zpracovány údaje pro vlaky přijíždějící na terminál Paskov. Jednotlivé vlaky byly rozděleny podle příslušných relací a současně dle společnosti přepravující kontejnery nebo silniční návěsy (viz kapitola 3) s jednotlivými počty kontejnerů nebo počty návěsů, jejich vjezdy ve formě datum, které odpovídá skutečnému datu vykládky a čas jejich vjezdu. Pro každou směrovou relaci byly zjištěny mezery mezi příjezdy jednotlivých vlaků. Výřezy jednotlivých směrových relací s příslušnými údaji jsou znázorněny v následujících tabulkách.

Relace Koper

Tab. 4.1 – Příjezdy vlaků relace Koper

Směr	Relace	Počet kontejnerů	Vjezd	Čas vjezdu	Mezery mezi příjezdy [min]
příjezd	Koper	36	02.01.2013	10:23	8
příjezd	Koper	38	02.01.2013	10:31	4243
příjezd	Koper	38	05.01.2013	09:14	4257
příjezd	Koper	35	08.01.2013	08:11	1631

Relace Hamburg, Žižkov, Brno

Tab. 4.2 – Příjezdy vlaků relace Hamburg, Žižkov, Brno

Směr	Relace	Počet kontejnerů	Vjezd	Čas vjezdu	Mezery mezi příjezdy [min]
příjezd	Žižkov	1	03.01.2013	12:09	5484
příjezd	Žižkov	4	07.01.2013	07:33	271
příjezd	Žižkov	43	07.01.2013	12:04	1218
příjezd	Žižkov	1	08.01.2013	08:22	89

Relace Mělník, Bremenhaven

Tab. 4.3 – Příjezdy vlaků relace Mělník, Bremenhaven

Směr	Relace	Počet kontejnerů	Vjezd	Čas vjezdu	Mezery mezi příjezdy [min]
příjezd	Mělník	20	03.01.2013	12:04	4065
příjezd	Mělník	55	06.01.2013	07:49	3189
příjezd	Mělník	18	08.01.2013	12:58	3997
příjezd	Mělník	22	11.01.2013	07:35	3361

Relace Trieste

Tab. 4.4 – Příjezdy vlaků relace Trieste

Směr	Relace	Počet návěsů	Vjezd	Čas vjezdu	Mezery mezi příjezdy [min]
příjezd	Terst	40	10.01.2013	09:51	30201
příjezd	Terst	40	31.01.2013	09:12	10044
příjezd	Terst	40	07.02.2013	08:36	10439
příjezd	Terst	40	14.02.2013	14:35	9565

Relace Lovosice

Tab. 4.5 – Příjezdy vlaků relace Lovosice

Směr	Relace	Počet návěsů	Vjezd	Čas vjezdu	Mezery mezi příjezdy [min]
příjezd	Lovosice	4	10.05.2013	11:00	7113
příjezd	Lovosice	2	15.05.2013	09:33	1754
příjezd	Lovosice	2	16.05.2013	14:47	5359
příjezd	Lovosice	3	20.05.2013	08:06	1730

4.1 Otestování mezer mezi příjezdy s využitím Pearsonova χ^2 test dobré shody

Pro vypočítané mezery mezi příjezdy pro jednotlivé směrové relace se na hladině významnosti 0,05 otestuje hypotéza, zda mezery mezi příjezdy jednotlivých relací se řídí exponenciálním rozdělením pravděpodobnosti. K otestování byl použit Pearsonův χ^2 test dobré shody.

Relace Koper

Tab. 4.6 – Statistický soubor mezer mezi příjezdy relace Koper

Mezery mezi příjezdy [min]			
8	3911	7497	10105
291	4120	7656	10179
661	4243	8133	10489
1372	4257	8384	11701
1449	4572	8595	12121
1554	4613	8745	12645
1631	4676	9898	12692
2490	4797	10058	13351
2607	5573	10064	17669
2699	5760	10074	18518
2871	5867	10083	20017
2927	6018	10101	20156
2956	6790	10064	20255
2993	6917	10074	33057
3069	7084	10083	
3787	7125	10101	

Rozsah souboru $n = 58$. Ze souboru je patrné, že nejnižší hodnota je $x_{min} = 8 \text{ min}$ a nejvyšší hodnota $x_{max} = 33057 \text{ min}$. Variační rozpětí vypočteme jako:

$$R = x_{max} - x_{min} = 33057 - 8 = 33049 \text{ min}$$

Pro stanovení počtu tříd použijeme Sturgesovo pravidlo:

$$k \approx 1 + 3,3 \cdot \log n = 1 + 3,3 \cdot \log 58 = 6,82 \cong 7$$

Šířka třídy se potom stanoví pomocí vztahu:

$$h \approx \frac{R}{k} = \frac{33049}{7} = 4846,38 = 4846 \text{ min}$$

Tab. 4.7 – Statistický soubor rozdělený do tříd pro relaci Koper

Třída	Hranice třídy	Horní hranice h_i	Četnost n_i
1	(0;4846>	4846	24
2	(4846;9692>	9692	14
3	(9692;14538>	14538	14
4	(14538;19384>	19384	2
5	(19384;24230>	24230	3
6	(24230;29076>	29076	0
7	(29076; ∞ >	∞	1
Σ			58

Pro specifikaci nulové a alternativní hypotézy je nutno nejdříve odhadnout na základě výběru neznámý parametr exponenciálního rozdělení μ . Odhad provedeme pomocí střední hodnoty $E(X)$. Pro relaci Koper se střední hodnota $E(X) \cong 7792$ min.

$$E(X) = \frac{1}{\mu} \rightarrow \mu = \frac{1}{E(X)} = \frac{1}{7792} = 0,000128 \text{ vlaků/min}$$

kde: μ ...parametr exponenciálního rozdělení,
 \bar{x} ...výběrový průměr.

Je-li proveden odhad parametru exponenciálního rozdělení, můžeme specifikovat obě hypotézy:

- H_0 – mezery mezi příjezdy vlaků se řídí exponenciálním rozdělením pravděpodobnosti s parametrem $\mu = 0,000128 \text{ vlaků/min}$.
- H_1 – mezery mezi příjezdy vlaků se neřídí exponenciálním rozdělením pravděpodobnosti s parametrem $\mu = 0,000128 \text{ vlaků/min}$.

V následujícím kroku se stanoví hodnoty distribuční funkce exponenciálního rozdělení pro všechny horní hranice tříd h_i .

$$F(h_i) = 1 - e^{-\mu \cdot h_i}$$

$$F(h_1) = 1 - e^{-0,000128 \cdot 4846} = 0,463$$

$$F(h_2) = 1 - e^{-0,000128 \cdot 9692} = 0,712$$

$$F(h_3) = 1 - e^{-0,000128 \cdot 14538} = 0,845$$

$$F(h_4) = 1 - e^{-0,000128 \cdot 19384} = 0,917$$

$$F(h_5) = 1 - e^{-0,000128 \cdot 24230} = 0,955$$

$$F(h_6) = 1 - e^{-0,000128 \cdot 29076} = 0,976$$

$$F(h_7) = 1,000$$

Teoretické relativní četnosti se stanoví na základě znalosti hodnot distribuční funkce.

$$\pi_{0,1} = F(h_1) = 0,463$$

$$\pi_{0,2} = F(h_2) - F(h_1) = 0,705 - 0,457 = 0,248$$

$$\pi_{0,3} = F(h_3) - F(h_2) = 0,840 - 0,705 = 0,135$$

$$\pi_{0,4} = F(h_4) - F(h_3) = 0,913 - 0,840 = 0,073$$

$$\pi_{0,5} = F(h_5) - F(h_4) = 0,953 - 0,913 = 0,040$$

$$\pi_{0,6} = F(h_6) - F(h_5) = 0,974 - 0,953 = 0,022$$

$$\pi_{0,7} = F(h_7) - F(h_6) = 1,000 - 0,974 = 0,026$$

Tab. 4.8 – Zpracování statistického souboru pro relaci Koper

Třída	Hranice třídy	Horní hranice h_i	Četnost n_i	Hodnota distribuční funkce $F(h_i)$		Teoretická relativní četnost $\pi_{0,i}$		Teoretická četnost $n \cdot \pi_{0,i}$
1	(0;4846>	4846	24	$F(h_1)$	0,463	$\pi_{0,1}$	0,463	26,859
2	(4846;9692>	9692	14	$F(h_2)$	0,712	$\pi_{0,2}$	0,249	14,421
3	(9692;14538>	14538	14	$F(h_3)$	0,845	$\pi_{0,3}$	0,133	7,743
4	(14538;19384>	19384	2	$F(h_4)$	0,917	$\pi_{0,4}$	0,072	4,157
5	(19384;24230>	24230	3	$F(h_5)$	0,955	$\pi_{0,5}$	0,038	2,232
6	(24230;29076>	29076	0	$F(h_6)$	0,976	$\pi_{0,6}$	0,021	1,198
7	(29076; ∞ >	∞	1	$F(h_7)$	1,000	$\pi_{0,7}$	0,024	1,389
Σ			58				1,000	58

V tabulce je vidět, že ve 4, 5, 6 a 7 třídě teoretická četnost není větší než 5, proto tyto třídy sloučíme do jedné.

Tab. 4.9 – Statistický soubor po sloučení tříd pro relaci Koper

Třída	Četnost n_i	Teoretická četnost $n \cdot \pi_{0,i}$	$\frac{(n_i - n \cdot \pi_{0,i})^2}{n \cdot \pi_{0,i}}$
1	24	26,859	0,304
2	14	14,421	0,012
3	14	7,743	5,057
4	6	8,977	0,987
Σ	58	58	6,361 x_{obs}

Pozorovaná hodnota testové statistiky $x_{obs} = 6,361$.

Na závěr testu je nutné stanovit kritickou hodnotu testu. Hladina významnosti $\alpha = 0,05$, po sloučení zůstaly 4 třídy (k) a je odhadován 1 parametr rozdělení (h), dostaneme:

$$x_{krit} = \chi^2_{(1-\alpha);k-h-1} = \chi^2_{0,95;2} = CHIINV(0,05; 2) = 5,99$$

Pozorovaná hodnota testové statistiky je větší než kritická hodnota testu, leží tedy v kritickém oboru, proto na hladině významnosti 0,05 zamítáme nulovou hypotézu a tedy mezery mezi příjezdy vlaků pro relaci Koper se neřídí exponenciálním rozdělením pravděpodobnosti.

Vzorové otestování mezer mezi příjezdy pomocí Pearsonova χ^2 testu dobré shody se provedl pro směrovou relaci vlaků Koper. Výsledky testování mezer mezi příjezdy v případě ostatních relací jsou pro názornost uvedeny v následující tabulce. V tabulce budou uvedeny pouze výsledky parametru exponenciálního rozdělení, vypočítané pozorované hodnoty testové statistiky x_{obs} , kritické hodnoty testu x_{krit} a výsledek testu pro danou relaci. Statistické soubory mezer a celé výpočty otestování mezer mezi příjezdy pro zbývající relace jsou uvedeny v elektronické příloze A.

Tab. 4.10 – Znázornění výsledků testování pro zbývající relace

Směrová relace	Parametr exponenciálního rozdělení $\hat{\mu}$	Pozorovaná hodnota testové statistiky x_{obs}	Kritická hodnota testu x_{krit}	Výsledek testu
Hamburg, Žižkov, Brno	0,000489	77,295	12,59	NE
Mělník, Bremenhaven	0,000315	134,931	11,07	NE
Lovosice	0,000353	20,934	5,99	NE
Trieste	0,000116	83,027	5,99	NE

S využitím Pearsonova χ^2 testu dobré shody byla provedena další otestování na exponenciální rozdělení a to pro:

- manipulační časy při vykládce a nakládce kontejnerů,
- manipulační časy při vykládce a nakládce návěsů,
- doby pobytů silničních vozidel v terminálu,
- doby odstavení návěsů silničním vozidlem.

Postup výpočtu Pearsonova χ^2 testu dobré shody pro tyto případy je analogické jako v případě ukázkového postupu pro relaci vlaků Koper. Pro zjednodušení jsou výsledky testování opět uvedeny v tabulce, která obsahuje stejné údaje jako předchozí tab. 4.10. Statistické soubory a celé výpočty otestování pro jednotlivé případy jsou uvedeny v elektronické příloze B.

Tab. 4.11 – Výsledky testování pro sledované případy

Testované případy	Parametr exponenciálního rozdělení $\hat{\mu}$	Pozorovaná hodnota testové statistiky x_{obs}	Kritická hodnota testu x_{krit}	Výsledek testu
Manipulační časy vykládky kontejnerů	0,42	115,334	11,07	NE
Manipulační časy nakládky kontejnerů	0,34	64,278	9,49	NE
Manipulační časy vykládky a nakládky návěsů	0,38	73,325	9,49	NE
Doby pobytů silničních vozidel v terminálu	0,10	22,513	5,99	NE
Doby odstavení návěsů silničním vozidlem	0,20	8,778	5,99	NE

V této kapitole bylo provedeno otestování naměřených dat z reálného provozu terminálu. Samozřejmě existuje několik testů pro otestování dat, ale v tomto případě se pro všechna data použilo otestování na exponenciální rozdělení. Pro naměřená data ani v jednom případě nenastal výsledek, kdy se data řídí exponenciálním rozdělením. Proto bylo nutné pro potřeby simulačního modelu, vytvořit si pro tyto případy vlastní rozdělení, kterými se bude řídit simulační model v průběhu simulace. Tato vlastní rozdělení jsou znázorněna v podobě histogramů četností v elektronické příloze C.

4.2 Kapacita úložných ploch terminálu pro jednotlivé společnosti

V prvním případě pro potřeby simulačního modelu bylo nutné rozdělit všechny vlaky na jednotlivé směrové relace podle společností, přepravujících kontejnery nebo návěsy. V dalším kroku je potřeba úložnou plochu terminálu Paskov rozdělit na plochy pro kontejnery jednotlivých společností a pro tyto plochy zjistit jejich celkovou kapacitu. Společnost Ekol a Ewals Cargo Care využívají silniční návěsy, které mohou být uloženy na odstavné stání v areálu terminálu. Kapacita tohoto odstavného stání je 40 návěsů. Úložná plocha terminálu pro kontejnery je rozdělena na sektory označených písmeny A, B,..., J (viz obr. 2.2).

¹⁴Rozdělení úložných ploch pro jednotlivé společnosti:

- společnost Maersk sektory A,B,C,D,E(E17-E05),
- společnost Intrans sektory E(E19-E01),F(F21-F05),I(I23-I01),J,
- společnost Glovis sektory F(F19-F01),G,H,I(I25-I05).

Úložné plochy D03, E03, F03, G03, H03, I03 pro výpočet kapacit jednotlivých úložných ploch nejsou uvažovány. Tyto plochy především slouží pro přípravu kontejnerů na rozvoz nebo skladování poškozených kontejnerů.

¹⁴Ing. Malinovský Lubomír - AWT s. r. o.

Kapacita úložných ploch pro jednotlivé společnosti:

- společnost Maersk 522 kontejnerů o délce 40 stop,
- společnost Intrans 372 kontejnerů o délce 40 stop,
- společnost Glovis 384 kontejnerů o délce 40 stop.

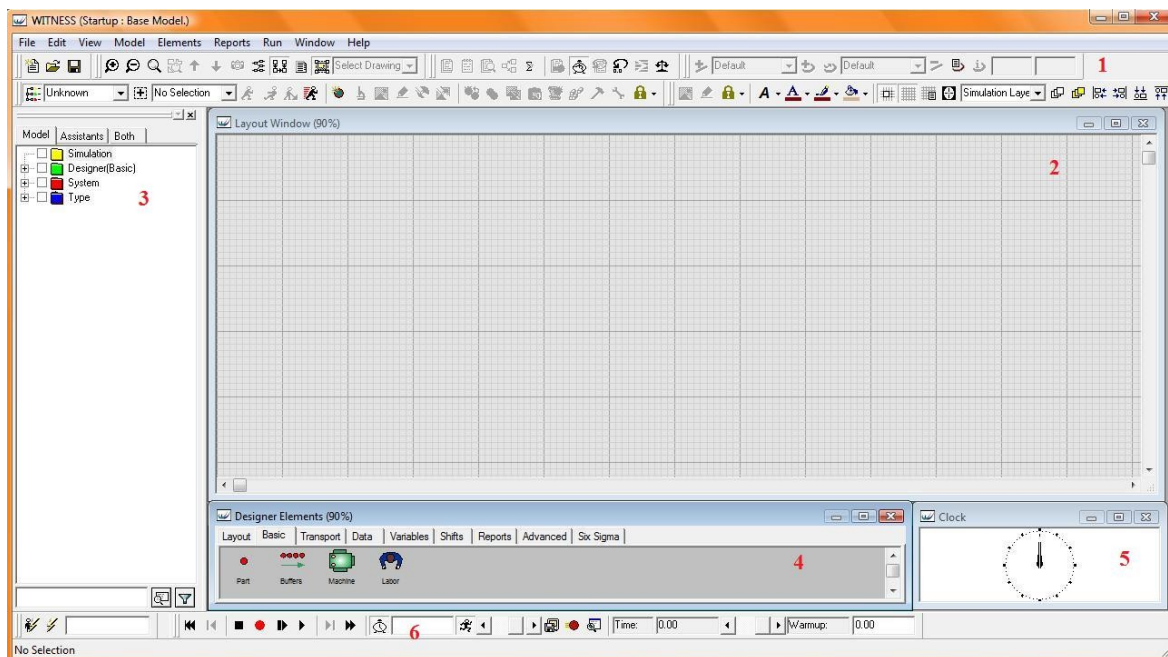
5 Tvorba simulačního modelu

Pro tvorbu simulačního modelu byl použit simulační software Witness 2008 ve verzi „*Manufacturing Performance Edition*“. Snahou je vytvořit simulační model, který bude co nejlépe simulovat reálný provoz terminálu. Ve skutečnosti tento provoz je technologicky a organizačně komplikovaný a je ovlivňován mnoha faktory a událostmi. Výsledný simulační model, který se snaží zachytit i tyto okolnosti bude vytvořen ve větším rozsahu zahrnující větší počet součástí, strojů, proměnných, atributů, atd. Simulační model pracuje s časovou jednotkou 1 min.

Spuštěním programu se zobrazí úvodní okno, viz obr. 5.1. ¹⁵Jeho struktura je následující:

1. V této části se nachází klasické menu, známé z programů na platformě Windows včetně ikon umožňují rychlý přístup k vybraným funkcím.
2. Toto okno představuje pracovní plochu, na které se sestavuje simulační model z jednotlivých prvků.
3. V tomto okně „*Element Selector*“ se např. zobrazuje seznam všech prvků, které jsou v modelu definované.
4. Okno „*Designer Elements*“ slouží k výběru jednotlivých prvků, ze kterých je vytvářen simulační model.
5. V tomto okně se zobrazují analogové hodiny.
6. Panel sloužící k ovládání simulačního běhu.

¹⁵DORDA M., HRADIL M., MÝDLO L., *Simulace technologických systémů a procesů*. [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. [cit. 2014-05-04]. Dostupné na WWW: <http://issuu.com/michdor/docs/m15_text?e=7481937/1595463>. s. 53.



Obr. 5.1 – Úvodní okno software Witness 2008

Základní stavební prvky, které budou použity při tvorbě simulačního modelu, se nacházejí v oknu „*Designer Elements*“ obr. 5.2. Toto okno obsahuje další záložky, ve kterých jsou předdefinované další stavební prvky pro tvorbu simulačního modelu.



Obr. 5.2 – Okno se základními prvky

Základní prvky jsou:

- „*Part*“ (součást),
- „*Buffers*“ (zásobník),
- „*Machine*“ (stroj),
- „*Labor*“ (pracovník).

Pro zjednodušení a znázornění jsou vytvořeny základní tabulky obsahující všechny elementy simulačního modelu, rozdělených podle příslušných prvků s odpovídajícími názvy.

Tab. 5.1 – Všechny součásti v modelu

„Parts“ (Součásti)	„Vlak_Koper“
	„Vlak_Hamburg_Zizkov_Brno“
	„Vlak_Melnik_Bremenhaven“
	„Vlak_Lovosice“
	„Vlak_Trieste“
	„Kontejner“
	„Naves“

Tab. 5.2 – Všechny zásobníky v modelu

„Buffers“ (Zásobníky)	„Vlecka_pro_navesy“
	„Vlecka_pro_kontejnery“
	„Odmitnute_vlaky“
	„Predzasobnik_kolej_301“
	„Predzasobnik_kolej_302“
	„Predzasobnik_kolej_304“
	„Predzasobnik_navesy“
	„Ulozna_plocha_Glovis“
	„Ulozna_plocha_Maersk“
	„Ulozna_plocha_Intrans“
	„Ulozna_plocha_Ewals“
	„Ulozna_plocha_Ekol“

Tab. 5.3 – Všichni pracovníci v modelu

„Labor“ (Pracovníci)	„Nakladac_1“
	„Nakladac_2“
	„Silnicni_vozidlo_AWT“

Tab. 5.4 – Všechny stroje v modelu

„ <i>Machines</i> “ (Stroje)	„ <i>Vykladka_kolej_301</i> “
	„ <i>Vykladka_kolej_302</i> “
	„ <i>Vykladka_kolej_304</i> “
	„ <i>Vykladka_kolej_navesy</i> “
	„ <i>Vykladka_manip_kolej_301</i> “
	„ <i>Vykladka_manip_kolej_302</i> “
	„ <i>Vykladka_manip_kolej_304</i> “
	„ <i>Vykladka_manipulac_naves</i> “
	„ <i>Vykladka_navesy_1</i> “
	„ <i>Vykladka_navesy_2</i> “
	„ <i>Nakladka_kolej_301</i> “
	„ <i>Nakladka_kolej_302</i> “
	„ <i>Nakladka_kolej_304</i> “
	„ <i>Nakladka_kolej_navesy</i> “
	„ <i>Nakladka_manip_kolej_301</i> “
	„ <i>Nakladka_manip_kolej_302</i> “
	„ <i>Nakladka_manip_kolej_304</i> “
	„ <i>Nakladka_manipulac_naves</i> “
	„ <i>Nakladka_navesy_1</i> “
	„ <i>Nakladka_navesy_2</i> “

Tab. 5.5 – Všechny celočíselné atributy v modelu

„ <i>Rattr</i> “ (Celočíselný atribut)	„ <i>Identifikace_kontejneru</i> “
	„ <i>Identifikace_navesu</i> “
	„ <i>Pocet_kontejneru_vyklad</i> “
	„ <i>Pocet_kontejneru_naklad</i> “
	„ <i>Pocet_navesu_vykladka</i> “
	„ <i>Pocet_navesu_nakladka</i> “
	„ <i>Delka_vlaku_vyklad</i> “
	„ <i>Delka_vlaku_naklad</i> “

Tab. 5.6 – Všechna empirická spojitá rozdělení v modelu

„ <i>RDist</i> “ (Empirické spojité rozdělení)	„ <i>Rozdel_manip_kont_vyklad</i> “
	„ <i>Rozdel_manip_kont_naklad</i> “
	„ <i>Rozdel_manipulace_navesy</i> “
	„ <i>Rozdeleni_doba_pobyту_SV</i> “
	„ <i>Rozdel_doba_odstaveni_SV</i> “

Tab. 5.7 – Všechny celočíselné proměnné v modelu

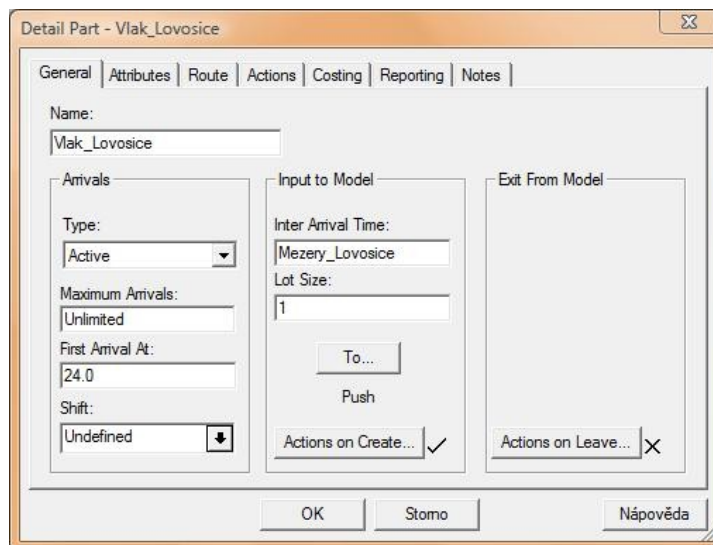
„Vinteger“ (Celočíselná proměnná)	„Kolej_301“
	„Kolej_302“
	„Kolej_304“
	„Kolej_navesy“
	„Obsazeni_koleji“
	„Znaceni_koleje_301“
	„Znaceni_koleje_302“
	„Znaceni_koleje_304“
	„Znaceni_koleje_navesy“
	„Pocet_kontejner_vykladka“
	„Pocet_naves_vykladka“
	„Pocet_kontejner_nakl_301“
	„Pocet_kontejner_nakl_302“
	„Pocet_kontejner_nakl_304“
	„Pocet_naves_nakladka“
	„Delka_vlaku_vykladka“
	„Delka_vlaku_nakladka“
	„Mezery_Hambu_Zizkov_Brno“
	„Mezery_Koper“
	„Mezery_Lovosice“
	„Mezery_Melnik_Bremenhav“
	„Mezery_Trieste“
	„Radek_mezery_Ham_Ziz_Brn“
	„Radek_mezery_Koper“
	„Radek_mezery_Lovosice“
	„Radek_mezery_Mel_Bremen“
	„Radek_mezery_Trieste“
	„Radek_p_kon_vyk_Ha_Zi_Br“
	„Radek_p_kont_vykl_Koper“
	„Radek_p_nav_vykl_Lovosic“
	„Radek_p_kont_vykl_Me_Bre“
	„Radek_p_naves_vyk_Triest“
	„Radek_p_kon_nak_Ha_Zi_Br“
	„Radek_p_kont_nakl_Koper“
	„Radek_p_nav_vykl_Lovosic“
	„Radek_p_kont_nakl_Me_Bre“
	„Radek_p_naves_nak_Triest“
	„Radek_delka_vykl_Ha_Zi_B“
	„Radek_delka_vykl_Koper“
	„Radek_delka_vykl_Lovosic“
	„Radek_delka_vykl_Mel_Bre“
	„Radek_delka_vykl_Trieste“
	„Radek_delka_nakl_Ha_Zi_B“
	„Radek_delka_nakl_Koper“
	„Radek_delka_nakl_Lovosic“
	„Radek_delka_nakl_Mel_Bre“
	„Radek_delka_nakl_Trieste“

Nyní se vytvoří z těchto elementů základní kostra simulačního modelu, která je zobrazena na obr. 5.3. V dalším kroku můžeme přejít k popisu významu jednotlivých prvků, definování základního nastavení součástí, zásobníků, strojů, pracovníků a definování vstupních a výstupních pravidel.



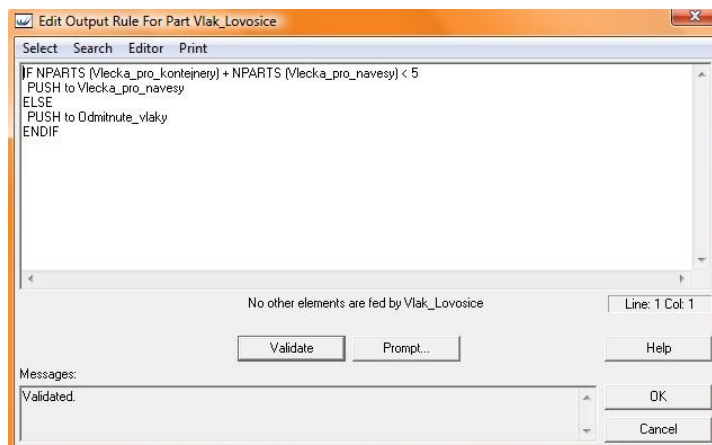
Obr. 5.3 – Základní kostra simulačního modelu

V první části modelu jsou definovány součásti vstupující do modelu a to „Vlak_Lovosice“, „Vlak_Trieste“, „Vlak_Koper“, „Vlak_Hamburg_Zizkov_Brno“ a „Vlak_Melnik_Bremenhaven“. Tyto součásti modelují příjezdy vlaků přijíždějících na vlečku Paskov. Ukázkově si ukážeme nastavení součásti „Vlak_Lovosice“ obr. 5.4 pro zbylé součásti je jejich nastavení analogické. Okno „First Arrival At“ značí časový okamžik vstupu první součásti daného jména do modelu, v tomto případě je to 24 min. Dále dochází k nastavení mezer mezi příchody „Inter Arrival Time“. Tyto mezery nejsou konstantní, proto se použije celočíselná proměnná „Mezery_Lovosice“, která zajistí načítání mezer z programu MS Excel, který je kompatibilní se softwarem Witness 2008.



Obr. 5.4 – Nastavení součásti „Vlak_Lovosice“

Pro správné směřování součásti do další části modelu se definuje výstupní pravidlo součásti „To...“. Zde je použita funkce „NPARTS“, která zjišťuje, kolik součástí se dohromady nachází v zásobníku „Vlečka_pro_kontejnery“ a „Vlečka_pro_navesy“. Je-li součet počtu součástí menší než 5, může se vlak přesunout na vlečku. Hodnota 5 udává, kolik se může v reálném provozu na vlečce nacházet vlaků. Tato hodnota je závislá na délkách vlaků nacházejících se na vlečce. Zde je použito výstupní pravidlo „PUSH“ ve tvaru „Push to Vlečka_pro_navesy“ obr. 5.5, které definuje, kam má součást směřovat. Pokud podmínka není splněna, přesouvá se vlak do zásobníku „Odmitnute_vlaky“ u kterého ponecháme základní nastavení beze změn. Pro kontrolu správně zapsaného zápisu klikneme na tlačítko „Validate“. Pokud je zápis správně v dolním okně „Messages“ se zobrazí nápis „Validated“. Oproti skutečnému provozu, kdy je provozována jedna vlečka pro všechny vlaky, jsou v modelu použity dvě vlečky z důvodu odlišných přepravovaných manipulačních jednotek. Jedna vlečka je určena pro vlaky, převážející návěsy, druhá vlečka je určena pro vlaky převážející kontejnery. Pro vlaky převážející kontejnery bude tedy výstupní pravidlo upraveno a to na tvar „Push to Vlečka_pro_kontejnery“.

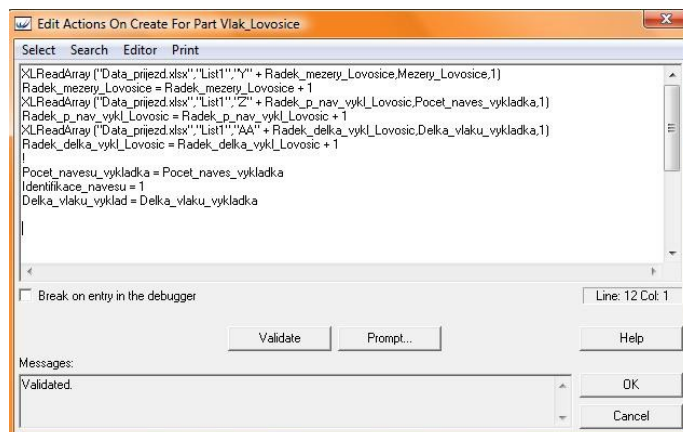


Obr. 5.5 – Definování výstupního pravidla součásti „*Vlak_Lovosice*“

Pro správné načítání mezer součásti „*Vlak_Lovosice*“ se v okně „*Actions on Create*“ definuje příkaz, který je znázorněn na obr. 5.6. Pro načítání souborů z MS Excel se používá funkce „*XLReadArray*“, která má tyto parametry:

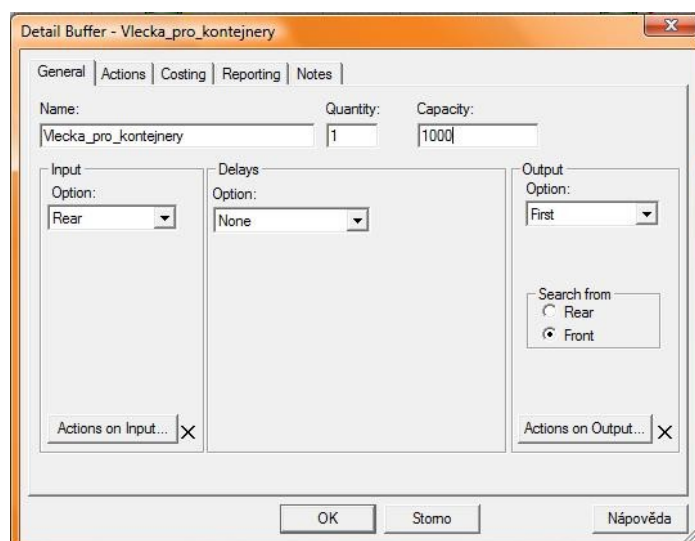
1. parametr – „*Data_prijezd.xlsx*“ název souboru, ze kterého se budou načítat data. Parametr musí mít uvozovky a jednotlivé parametry oddělujeme čárkou. Důležité je hlídat si správnou příponu souboru.
2. parametr – „*List1*“ odkaz na list.
3. parametr – „*Y*“ odkaz na konkrétní buňku.
4. parametr – hodnotu proměnné uloží do „*Mezery_Lovosice*“.
5. parametr – *I*.

Kromě příkazu načítající mezery ze souboru MS Excel obsahuje okno ještě zápisy „*Pocet_navesu_vykladka = Pocet_naves_vykladka*“. Tento zápis zajistí, že při vytvoření každé součásti „*Vlak_Lovosice*“ bude reálnému atributu „*Pocet_navesu_vykladka*“ přiřazena hodnota proměnné „*Pocet_naves_vykladka*“ vyjadřující počet návěsů určených k vykládce. Význam reálného atributu „*Identifikace_navesu*“ je takový, že pokud se bude rovnat hodnotě *1*, jedná se o návěsy společnosti Ewals. Hodnota *2* odpovídá návěsům společnosti Ekol. Třetí zápis zajistí, že při vytvoření každé součásti „*Vlak_Lovosice*“ bude reálnému atributu „*Delka_vlaku_vyklad*“ přiřazena hodnota proměnné „*Delka_vlaku_vykladka*“ vyjadřující délku vlaku určeného k vykládce.



Obr. 5.6 – Vytvoření akcí součásti „Vlak_Lovosice“

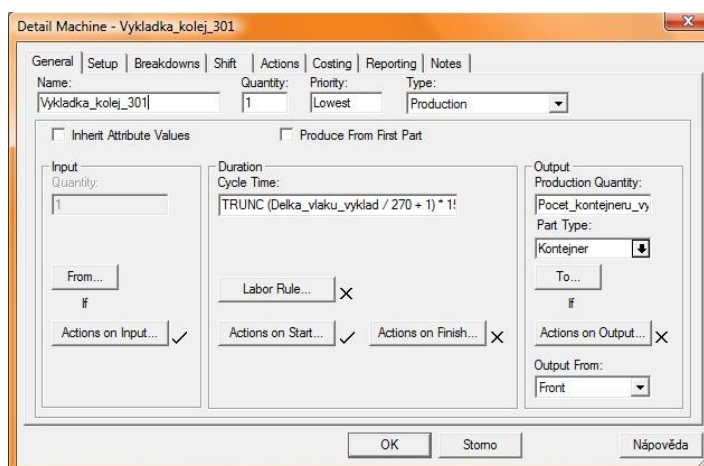
Další nastavení provedeme pro zásobníky „Vlecka_pro_navesy“ a „Vlecka_pro_kontejnery“. Zde bylo ponecháno předdefinované základní nastavení, které je pro obě vlečky analogické viz obr. 5.7.



Obr. 5.7 – Nastavení zásobníku „Vlecka_pro_kontejnery“

Z vlečky směřují vlaky na terminálové koleje označené 301, 302 a 304. V simulačním modelu tyto koleje reprezentují stroje „Vykladka_kolej_301“, „Vykladka_kolej_302“, „Vykladka_kolej_304“ „Vykladka_kolej_navesy“. Poslední stroj je navíc, jak už bylo dříve napsáno z důvodu odlišnosti přepravovaných jednotek. Model obsahuje podmínku, která zajišťuje, že v modelu se současně můžou nacházet max. 3 vlaky. Nyní si projdeme nastavení simulačního modelu od vykládky vlaku až po jeho nakládku, kdy přepravní jednotkou jsou kontejnery. Stejný postup nastavení modelu si pak ukážeme

i pro vlaky, kdy přepravní jednotkou jsou návěsy. Pro model pracující s kontejnery začneme nastavením stroje, „*Vykladka_kolej_301*“ obr. 5.8. Obdobné nastavení platí i pro stroje „*Vykladka_kolej_302*“ a „*Vykladka_kolej_304*“.

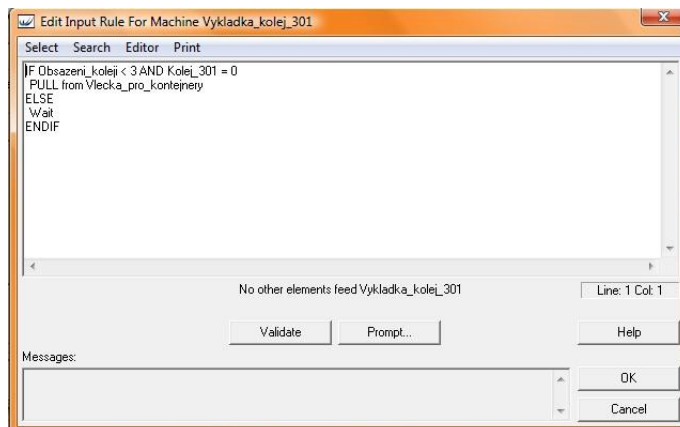


Obr. 5.8 – Nastavení stroje „*Vykladka_kolej_301*“

Pro stroj „*Vykladka_kolej_301*“ volíme typ stroje „*Production*“. Jedná se o stroj, kdy na vstupu je pouze jedna součást v našem případě vlak a na výstupu je $n+1$ součástí, kde n je v tomto případě „*Pocet_kontejneru_vyklad*“, které jsou typu „*Kontejner*“ a 1 představuje samostatný vlak. Jedná se o fiktivní stroj, který ještě nereprezentuje ve skutečnosti vykládku vlaku. Do okna „*Cycle_Time*“ dosadíme zápis ve tvaru „*TRUNC(Delka_vlaku_vyklad/270+1)*15*“. V provozu se většinou vyskytuje situace, kdy vlak na vykládku je delší než terminálová kolej, proto je nutné vlak rozdělit na několik částí. V našem modelu vykládáme nebo nakládáme vždy celý vlak. Proto je použita funkce „*TRUNC*“, která má jeden parametr, reálné číslo. Vydělením výrazu „*Delka_vlaku_vyklad/270*“ zajistí tato funkce, že vybere pouze celou část čísla a tu vynásobíme číslem 15. Tato hodnota představuje dobu přistavení vlaku, z vlečky na terminálové koleje tedy 15 min. Obdobný zápis platí i při nakládce vlaku.

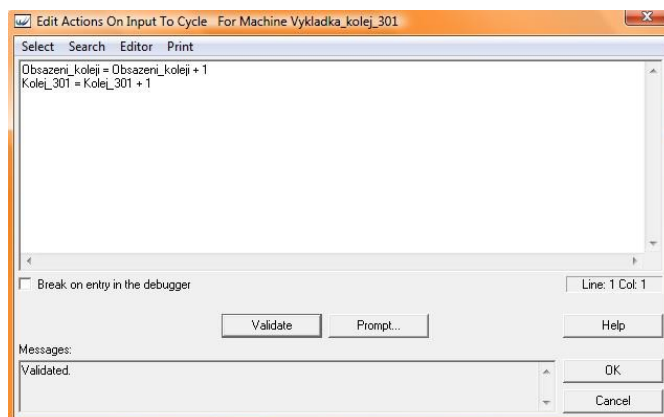
Definování vstupního pravidla je znázorněno na obr. 5.9. Tento zápis obsahuje celočíselnou proměnnou „*Obsazeni_koleji*“, která reprezentuje počet obsazených kolejí v terminálu a proměnnou „*Kolej_301*“, která označuje, zda se na koleji č. 301 nachází vlak nebo je kolej prázdná, nabývá tedy hodnoty 0 nebo 1. Význam vstupního pravidla je takový, jestliže je „*Obsazeni_koleji < 3*“, protože v reálném provozu máme pouze

3 manipulační koleje a kolej č. 301 je prázdná, může si stroj vytáhnout z vlečky pro kontejnery vlak.



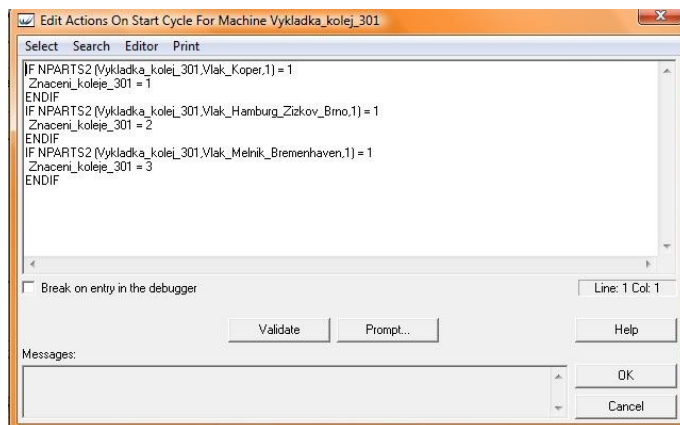
Obr. 5.10 – Nastavení vstupního pravidla stroje „Vykladka_kolej_301“

Při vstupu vlaku do stroje jsou definovány akce na vstupu, které jsou definovány na obr. 5.11. Tyto zápisy zajistí, že při vstupu vlaku do stroje „Vykladka_kolej_301“ se zvýší hodnota proměnných „Obsazeni_koleji“ a „Kolej_301“ o 1.



Obr. 5.11 – Definování vstupních akcí stroje „Vykladka_kolej_301“

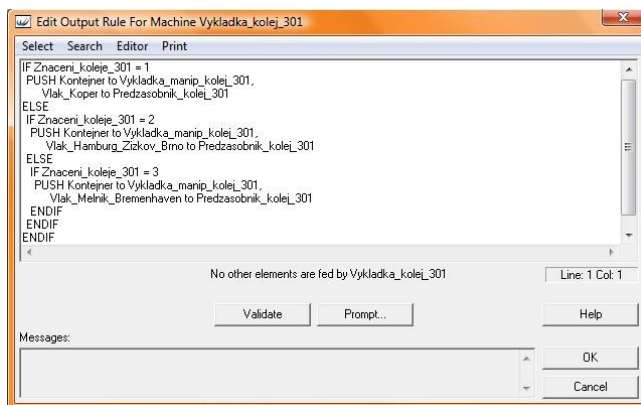
Při začátku zpracování vlaku ve stroji jsou definovány akce v okně „Actions on Start...“. Zápis akce je znázorněn na obr. 5.12.



Obr. 5.12 – Definování akcí při startu stroje „Vykladka_kolej_301“

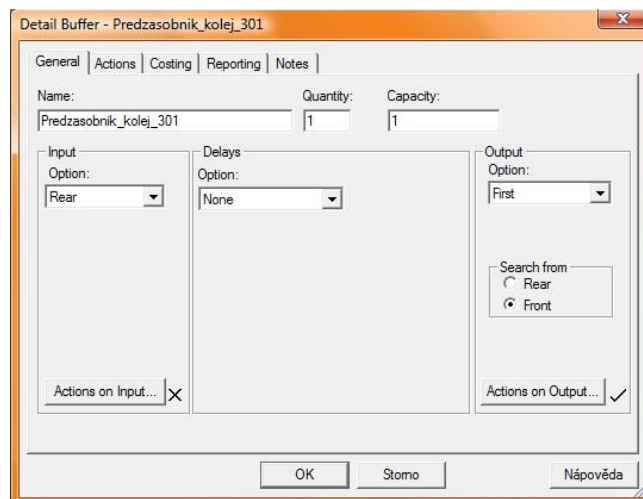
Tento zápis zajistí, že podle toho jaký vlak se ve stroji „Vykladka_kolej_301“ nachází, nabude celočíselná proměnná „Znaceni_koleje_301“ hodnoty 1, 2 nebo 3.

Nakonec se pro stroj „Vykladka_kolej_301“ definuje výstupní pravidlo obr. 5.13. Tento zápis pravidla vyjadřuje, jestliže hodnota proměnné „Znaceni_koleje_301“ nabude hodnoty 1, součást „Kontejner“ se přesune do stroje „Vykladka_manip_kolej_301“ a „Vlak_Koper“ se přesouvá do „Predzasobnik_kolej_301“. Obdobně platí zbývající zápisy pro další vlaky.



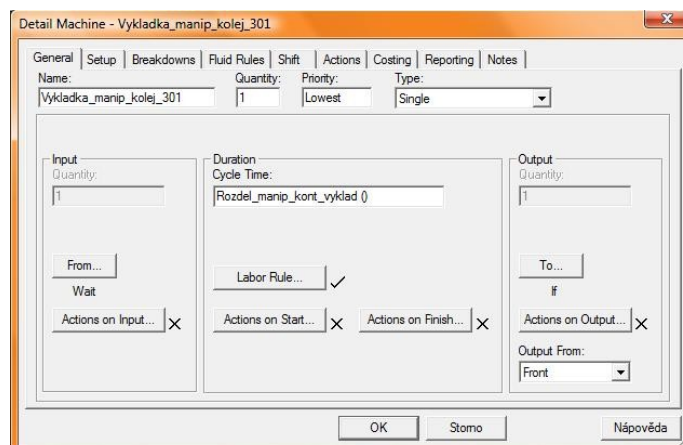
Obr. 5.13 – Definování výstupního pravidla stroje „Vykladka_kolej_301“

Na výstupu ze stroje „Vykladka_kolej_301“ směřuje součást vlak do zásobníku „Predzasobnik_kolej_301“ jeho nastavení je na obr. 5.14. Kapacita tohoto zásobníku je nastavena na hodnotu 1, v zásobníku se tedy může nacházet vždy max. jen jeden vlak. Zde se vlak nachází do té doby, než je celý vlak vyložen ve stroji „Vykladka_manip_kolej_301“.



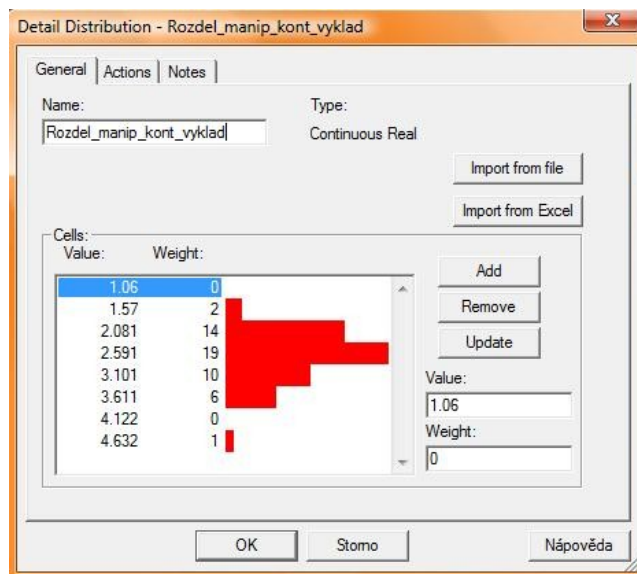
Obr. 5.14 – Nastavení zásobníku „Predzasobnik_kolej_301“

Naopak kontejnery směřují do stroje „Vykladka_manip_kolej_301“. Nastavení tohoto stroje je znázorněno na obr. 5.15. Tento stroj představuje skutečnou vykládku kontejnerů z vlaku. Jedná se o jednoduchý stroj typ „Single“.



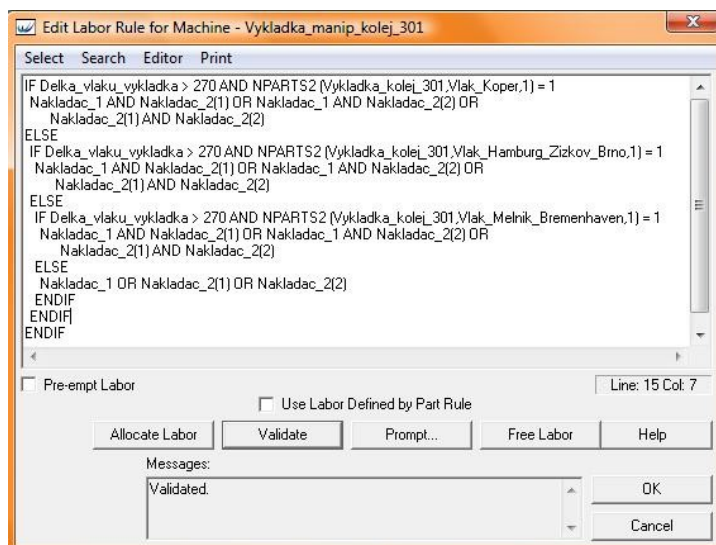
Obr. 5.15 – Nastavení stroje „Vykladka_manip_kolej_301“

Doba vykládky kontejnerů „Cycle_Time“ se řídí empirickým spojitým rozdělením „Rozdeleni_manip_kont_vyklad ()“, které je v podobě histogramu. Vytvoření tohoto histogramu je na obr. 5.16.



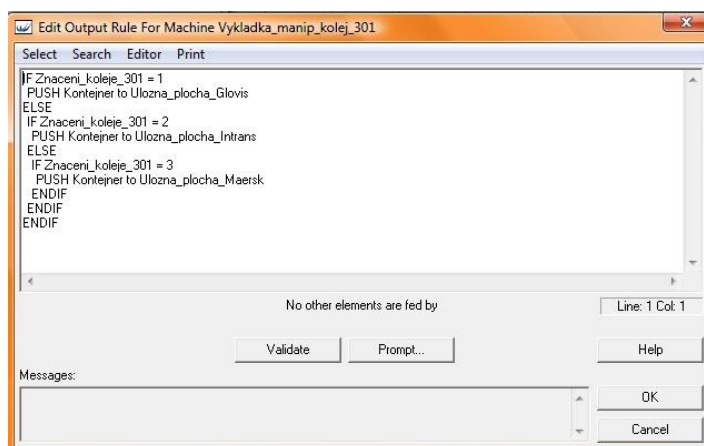
Obr. 5.16 – Definice histogramu četností „Rozdel_manip_kont_vyklad“

Vykládku vlaku, který přepravuje kontejnery, může provádět nakladač „Nakladac_1“ nebo „Nakladac_2“ jehož kvantita je 2. Toto nastavení je v okně „Labor Rule...“ jak je vidět z obr. 5.17. Zápis vyjadřuje, že pokud je „Delka_vlaku_vykladka > 270“ a ve stroji „Vykladka_kolej_301“ se nachází „Vlak_Koper“ mohou vykládku provádět 2 nakladače v různých kombinacích. Pokud je „Delka_vlaku_vykladka < 270“ provádí vykládku vždy pouze jen jeden nakladač „Nakladac_1 OR Nakladac_2(1) OR Nakladac_2(2)“. Stejný zápis platí i pro další vlaky.



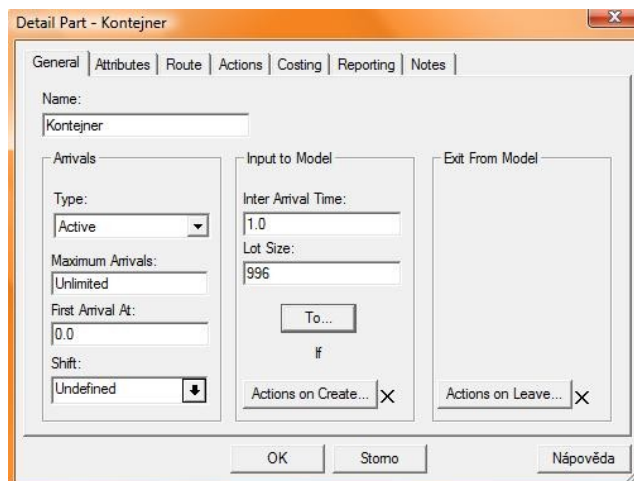
Obr. 5.17 – Definování pracovní síly pro stroj „Vykladka_manip_kolej_301“

Výstupní pravidlo stroje „*Vykladka_manip_kolej_301*“ je definováno na obr. 5.18. Význam pravidla je následující, podle toho jaké hodnoty nabude proměnná „*Znaceni_koleje_301*“, bude součástí „*Kontejner*“ posílán na úložnou plochu jednotlivých společností „*Ulozna_plocha_Glovis*“, „*Ulozna_plocha_Intrans*“ nebo „*Ulozna_plocha_Maersk*“.



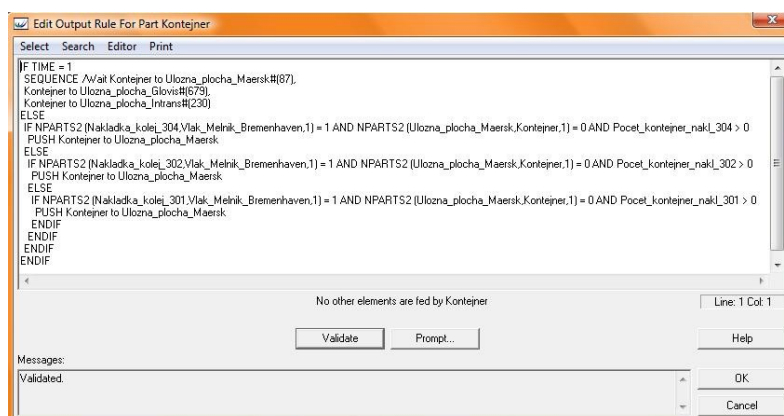
Obr. 5.18 – Definování výstupního pravidla stroje „*Vykladka_manip_kolej_301*“

Simulaci provádíme pro příjezdy a odjezdy vlaků od dne 2. 1. 2013. K tomuto datu se na úložné ploše terminálu již určité počty kontejnerů nacházely. Proto při spuštění simulace se musí nejdříve tyto počty kontejnerů v úložných plochách načíst a poté může dojít k příjezdu prvního vlaku. Na obr. 5.19 je znázorněno nastavení součásti „*Kontejner*“, kde došlo k nastavení časového okamžiku vstupu první součásti daného jména do modelu a to v čase 0 min. Dále se v okně „*Lot Size*“, nastavuje počet součástí přicházejících do modelu v jedné dávce současně a jeho velikost je 996 kontejnerů. Tento počet odpovídá součtu kontejnerů jednotlivých společností o délce 40 stop ke dni 2. 1. 2013.



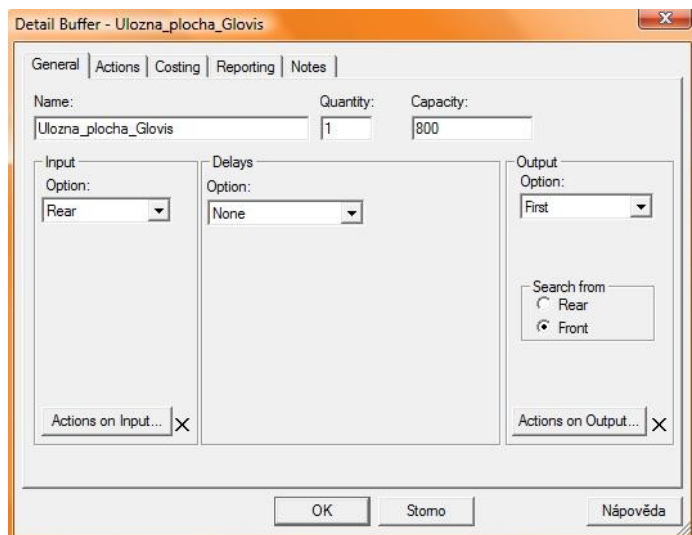
Obr. 5.19 - Nastavení součásti „Kontejner“

Součásti „Kontejner“ jsou tedy posílány na úložné plochy v definovaném množství pro jednotlivé společnosti. Znázornění výstupního pravidla součásti „Kontejner“ je znázorněno na obr. 5.20. Zde je použito pravidlo „Sequence/Wait“. Toto pravidlo vytvoří sekvenci, kdy v čase „IF TIME = 1“ se na „Uložna_plocha_Intrans“ pošle 230 kontejnerů, na „Uložna_plocha_Maersk“ 87 kontejnerů a na „Uložna_plocha_Glovis“ 679 kontejnerů. Dále je ve výstupním pravidle definována podmínka z důvodu, že v průběhu simulace dojde k situaci, kdy export počtu kontejnerů Maersk je větší než jejich import. To má za následek, že počet kontejnerů Maersk na úložné ploše klesne na hodnotu 0. Pokud se ve strojích „Nakladka_kolej_301“, „Nakladka_kolej_302“ nebo „Nakladka_kolej_304“ nachází „Vlak_Melnik_Bremenhaven“ a na „Uložna_plocha_Maersk“ se nenachází žádný kontejner, jsou na úložnou plochu posílány jednotlivě kontejnery do té doby, než je celý vlak naložen.



Obr. 5.20 – Definování výstupního pravidla součásti „Kontejner“

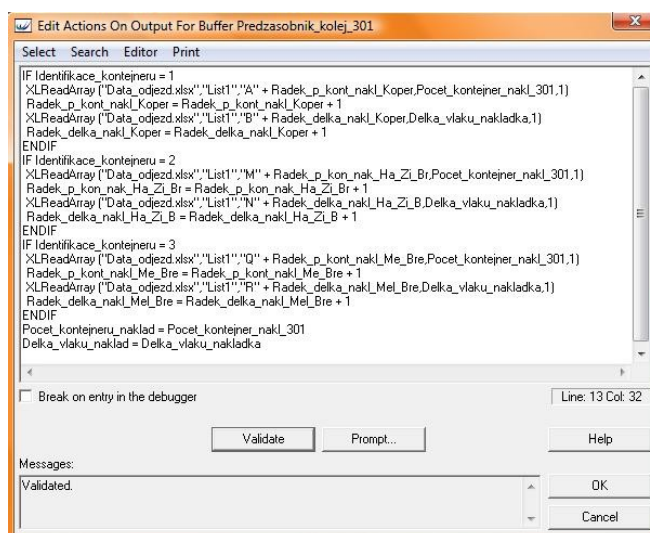
Nyní můžeme přistoupit k nastavení úložných ploch pro kontejnery. Pro všechny úložné plochy se změní pouze nastavení jejich kapacity, která byla vypočítána v kapitole 3.3. Pro kontejnery společnosti Maersk je kapacita úložné plochy 522 kontejnerů, pro kontejnery společnosti Intrans je kapacita úložné plochy 372 kontejnerů a pro společnost Glovis byla tato kapacita úložné plochy 384 kontejnerů. Při stanovení počátečních stavů kontejnerů jednotlivých společností byl, ale pro společnost Glovis zjištěn vyšší stav kontejnerů a to 679. V provozních podmínkách terminálu nejsou tyto kapacity úložných ploch jednotlivým společností stanoveny. Proto podle potřeby terminálu a jednotlivých společností se mohou tyto kapacity jak zvyšovat tak i snižovat. Kapacita „Ulozna_plocha_Glovis“ je tedy navýšena na 800 kontejnerů, jak je znázorněno na obr. 5.21.



Obr. 5.21 – Nastavení zásobníku „Ulozna_plocha_Glovis“

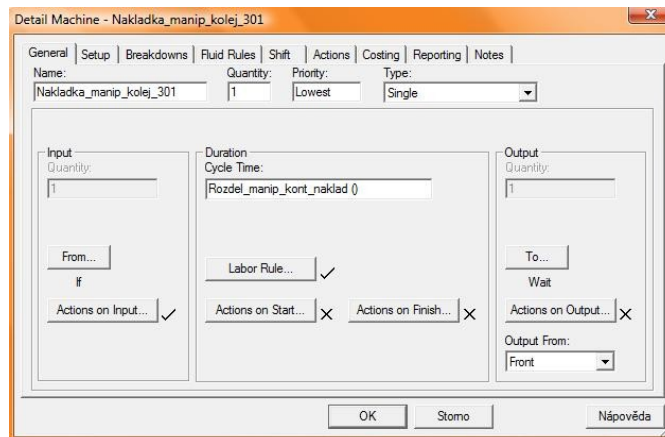
Jakmile jsou všechny kontejnery vyloženy na úložnou plochu, přesouvá se vlak z „Predzasobnik_kolej_301“ do stroje „Nakladka_manip_kolej_301“. Při výstupu vlaku ze zásobníku se definují akce na výstupu v okně „Actions on Output...“. Definování akcí znázorňuje zápis na obr. 5.22. Význam zápisu je takový, že na základě hodnot 1, 2 nebo 3 přiřazených reálnému atributu „Identifikace_kontejneru“ dojde k načítání počtu kontejnerů na nákladku pro kolej č. 301 do proměnné „Pocet_kontejner_nakl_301“ pro příslušný vlak. Předposlední zápis „Pocet_kontejneru_naklad = Pocet_kontejner_nakl_301“ zajistí, že při načtení každé hodnoty počtu kontejnerů na nákladku pro jakýkoliv vlak, bude reálnému atributu „Pocet_kontejneru_naklad“ přiřazena hodnota proměnné

„*Pocet_kontejner_naklad_301*“ a tuto hodnotu si vlak ponese sebou až do doby než vlak opustí simulační model. Pokud bychom tuto podmínku nezahrnuli, při načtení další hodnoty proměnné „*Pocet_kontejner_naklad_301*“ by došlo k přepsání této proměnné a vlak by odjel s počtem naložených kontejnerů, které byly určeny pro jiný vlak. Poslední zápis „*Delka_vlaku_naklad = Delka_vlaku_nakladka*“ zajistí, že při načtení každé hodnoty délky vlaku na nakládku, bude reálnému atributu „*Delka_vlaku_naklad*“ přiřazena hodnota proměnné „*Delka_vlaku_nakladka*“ a tuto hodnotu si vlak ponese sebou až do doby než vlak opustí simulační model.



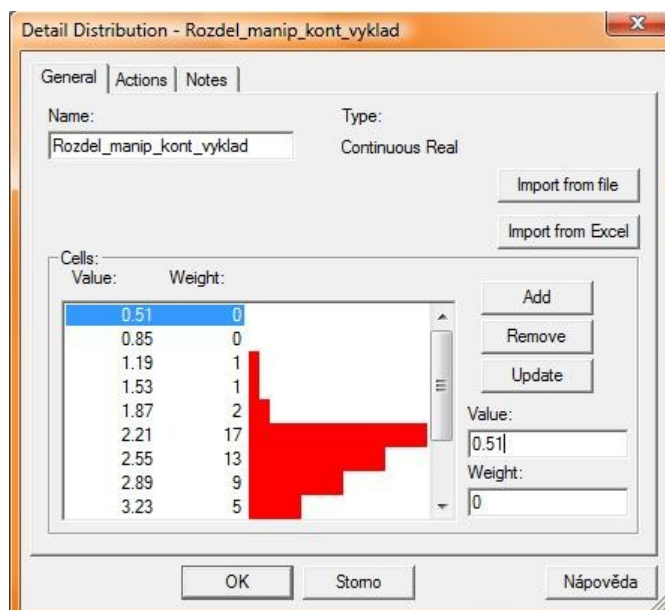
Obr. 5.22 – Definování výstupních akcí zásobníku „*Predzasobnik_kolej_301*“

Proces nakládky vlaku je analogický, jak při vykládce vlaku. Nejdříve si ukážeme základní nastavení stroje „*Nakladka_manip_kolej_301*“ obr. 5.23. Základní význam a nastavení stroje „*Nakladka_manip_kolej_301*“ je obdobný jako u stroje „*Vykladka_manip_kolej_301*“. Opět se jedná o jednoduchý stroj typu „*Single*“ ve kterém probíhá skutečná nakládka kontejnerů.



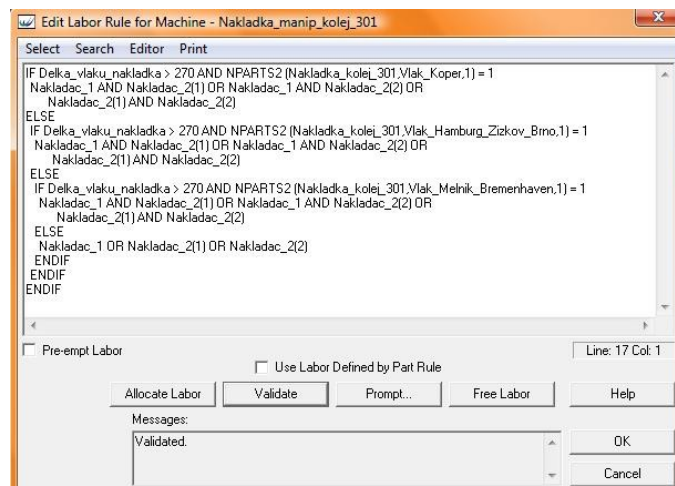
Obr. 5.23 – Základní nastavení stroje „Nakladka_manip_kolej_301“

Doba nakládky kontejnerů „Cycle_Time“ se řídí empirickým spojitým rozdělením „Rozdeleni_manip_kont_naklad ()“, které je ve formě histogramu. Znáznornění histogramu je na obr. 5.24.



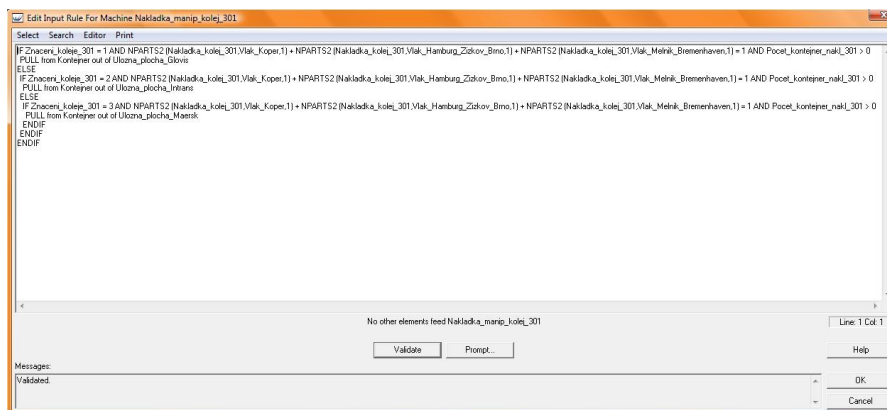
Obr. 5.24 – Definice histogramu četností „Rozdel_manip_kont_naklad“

Nakládku vlaku mohou opět provádět nakladače „Nakladac_1“ nebo „Nakladac_2“. Význam zápisu je analogický jako při vykládce vlaku definovaného na obr. 5.17. Tento zápis se provede v okně „Labor Rule...“ jak je vidět z obr. 5.25.



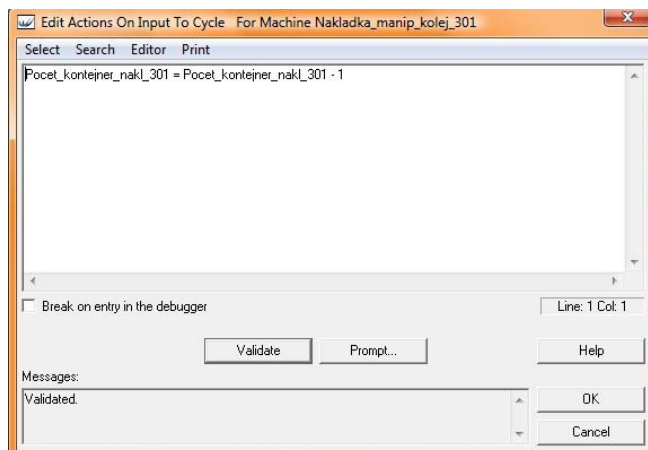
Obr. 5.25 – Definování pracovní síly pro stroj „Nakladka_manip_kolej_301“

Definování vstupního pravidla stroje „Nakladka_manip_kolej_301“ je vidět na obr. 5.26. Toto pravidlo zajistí, že pokud hodnota proměnné „Znacení_koleje_301“ nabude hodnoty 1 a ve stroji „Nakladka_kolej_301“ se nachází jeden vlak konkrétně „Vlak_Koper“ k tomu využijeme funkci „NPARTS2“ a hodnota proměnné „Pocet_kontejner_nakl_301“ je větší než 0 bude součástí „Kontejner“ posílána z „Uložna_plocha_Glovis“. Zbývající pravidla mají stejný význam.



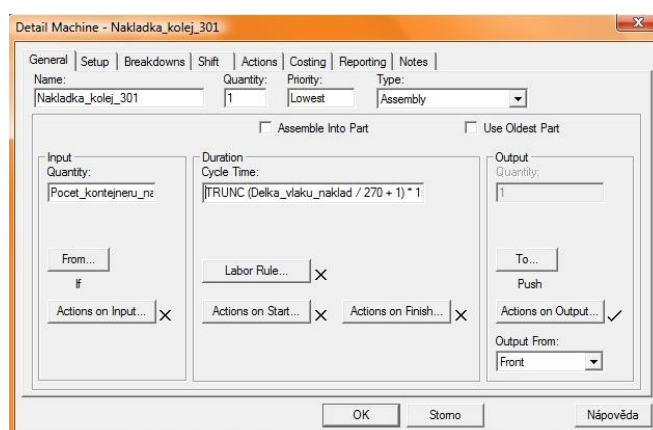
Obr. 5.26 – Definování vstupního pravidla stroje „Nakladka_manip_kolej_301“

Ve stroji „Nakladka_manip_kolej_301“ jsou navíc definovány akce na vstupu v okně „Actions on Input...“. Zobrazení definovaného okna je na obr. 5.27. Tento zápis zajistí, že hodnota proměnné „Pocet_kontejner_naklad_301“ se s každým vstupujícím kontejnerem do tohoto stroje bude snižovat o 1.



Obr. 5.27 – Definování vstupních akcí stroje „Nakladka_manip_kolej_301“

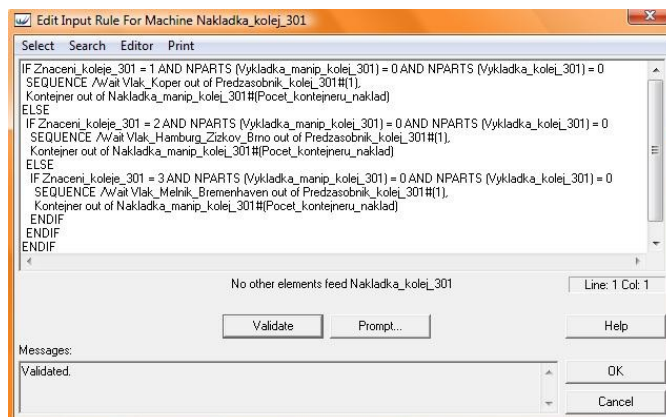
Základní význam a nastavení stroje „Nakladka_kolej_301“ obr. 5.28 je obdobné jako u stroje „Vykladka_kolej_301“. Jediná změna je, o jaký typ stroje se jedná. Zde je použit montážní stroj „Assembly“, kdy na vstupu je $n+1$ součástí a na výstupu jedna součást. Na vstupní straně je to reálný atribut nesoucí v sobě informaci o hodnotě počtu kontejnerů, které se mají na daný vlak naložit a vlak samotný zapsáno ve tvaru „Pocet_kontejneru_naklad + 1“. Tento zápis je uveden v okně „Quantity“. Opět se jedná o fiktivní stroj, ve kterém neprobíhá skutečná nakládka vlaku. Analogicky jako při vykládce vlaku za „Cycle Time“ dosadíme zápis se stejným významem ve tvaru „TRUNC (Delka_vlaku_naklad / 270 + 1) * 15“. Doba odstavení vlaku z terminálové koleje je taky 15 min.



Obr. 5.28 – Základní nastavení stroje „Nakladka_kolej_301“

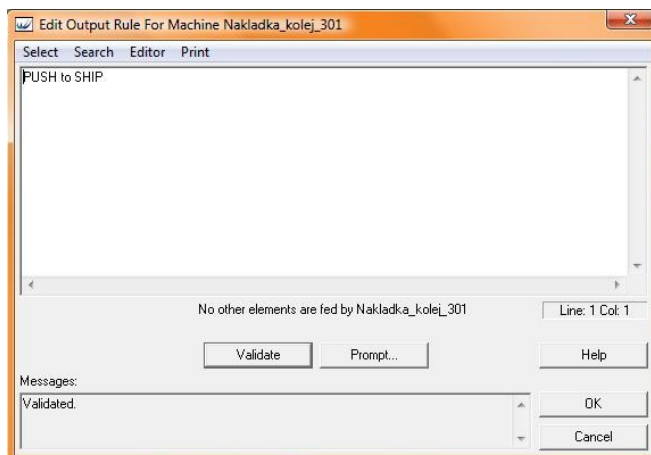
Význam vstupního pravidla stroje „Nakladka_kolej_301“ viz obr. 5.29 je takový, že pokud je splněna podmínka, že počet součástí ve strojích „Vykladka_manip_kolej_301“

a „*Vykladka_kolej_301*“ je roven 0, k tomu použijeme funkci „*NPARTS*“, potom se z prvku „*Predzasobnik_kolej_301*“ odebere jeden vlak, který konkrétně to záleží na hodnotě proměnné „*Znaceni_koleje*“ a součást „*Kontejner*“ je odebírána ze stroje „*Nakladka_manip_kolej_301*“.



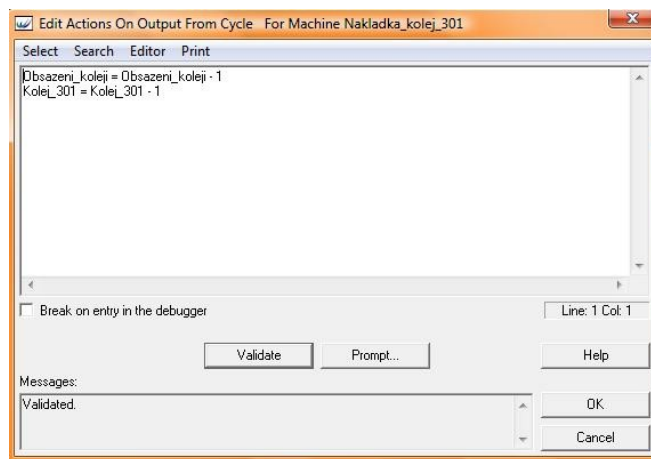
Obr. 5.29 – Definování vstupního pravidla stroje „*Nakladka_kolej_301*“

Poslední úpravou stroje „*Nakladka_kolej_301*“ je definování výstupního pravidla obr. 5.30 a akcí na výstupu ze stroje obr. 5.31. Výstupní pravidlo má jednoduchý tvar a to „*Push to SHIP*“, tedy jakmile je celý vlak naložen, je posílán pryč ze simulačního modelu.



Obr. 5.30 – Definování výstupního pravidla stroje „*Nakladka_kolej_301*“

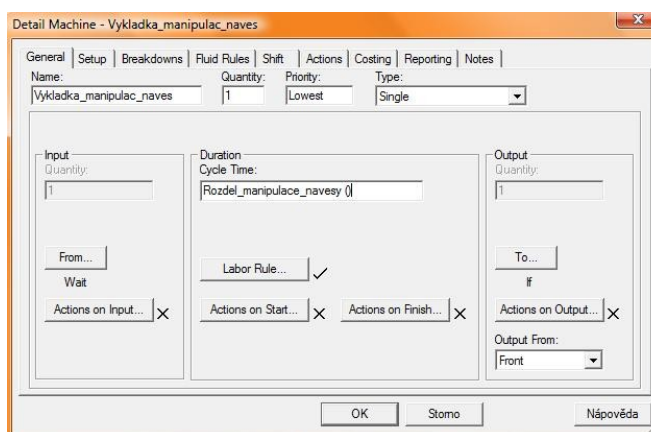
Definované akce na výstupu zajistí, že při odeslání vlaku ze stroje „*Nakladka_kolej_301*“ se sníží hodnota proměnných „*Obsazeni_koleji*“ a „*Kolej_301*“ o 1.



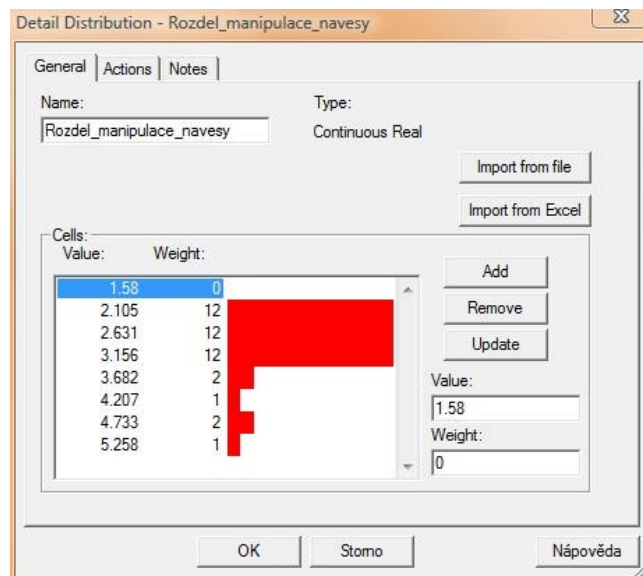
Obr. 5.31 – Definování výstupních akcí stroje „Nakladka_kolej_301“

Nyní jsme si ukázali nastavení části simulačního modelu, ve kterém je pracováno s přepravní jednotkou kontejnery. Ještě nám chybí ukázat si nastavení části simulačního modelu, kde je pracováno s přepravní jednotkou a to s návěsy. Technologický proces vykládky a nakládky vlaku obsahující návěsy je analogický jako v případě vlaku s kontejnery. Nastavení většiny prvků pracujících s návěsy je obdobné jako pro prvky pracující s kontejnery. Ukážeme si pouze ty prvky, které se významně liší ve svém nastavení a ty, které ještě nebyly nastaveny.

První prvek, který má odlišné nastavení je stroj „Vykladka_manipulac_naves“ obr. 5.32. Jeho nastavení je obdobné jako u stroje „Vykladka_manip_kolej_301“, které jsme si už ukázali na obr. 5.14. V tomto stroji probíhá skutečná vykládka vlaků obsahující návěsy. Doba vykládky a nakládky návěsů z vlaku se řídí empirickým spojitým rozdělením, „Rozdel_manipulace_navesy“ zapsané v okně „Cycle Time“. Vytvoření spojitého rozdělení v podobě histogramu je vidět na obr. 5.33.

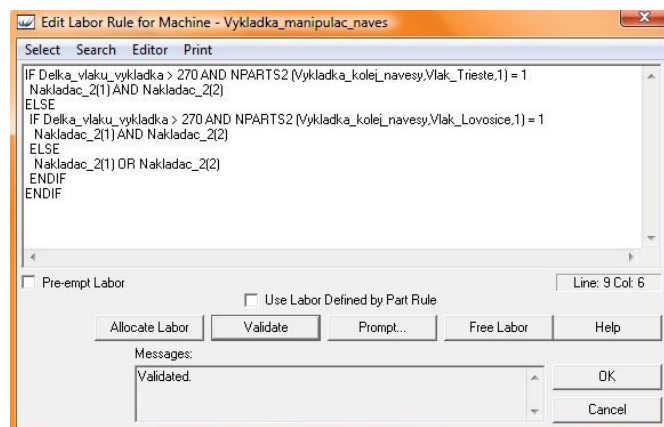


Obr. 5.32 – Základní nastavení stroje „Vykladka_manipulac_naves“



Obr. 5.33 – Definice histogramu četností „Rozdel_manipulace_navesy“

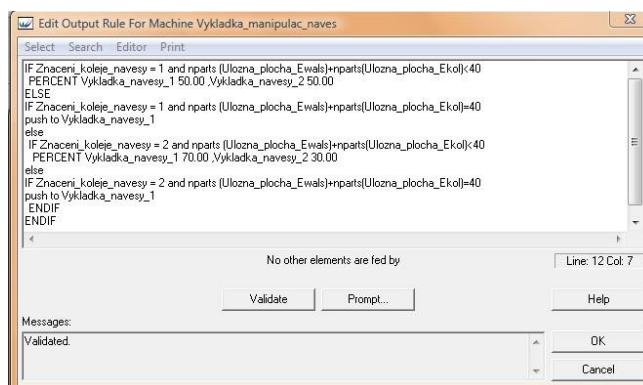
Jak bylo zmíněno už při vykládce vlaku s kontejnery, závisí na délce vlaku, kolik pracovníků bude vlak vykládat. I zde platí obr. 5.34, pokud je „Delka_vlaku_vykladka > 270“ mohou vykládku provádět současně „Nakladac_2(1) AND Nakladac_2(2)“. Je-li „Delka_vlaku_vykladka < 270“ provádí vykládku pouze jeden „Nakladac_2(1) OR Nakladac_2(2)“.



Obr. 5.34 – Definování pracovní síly pro stroj „Vykladka_manipulac_naves“

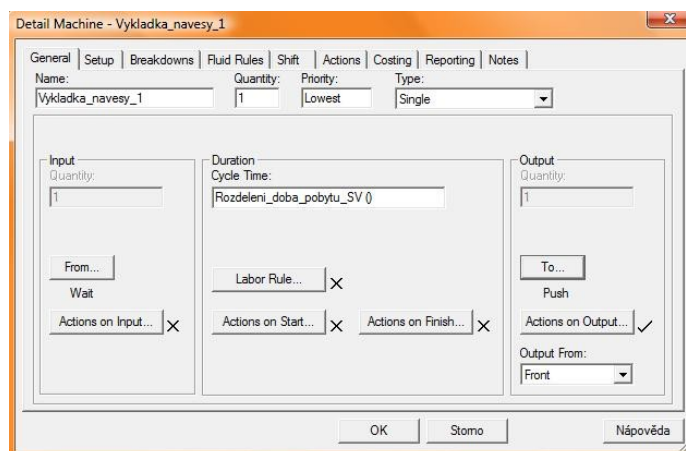
Na vstupu stroje je definované pravidlo „Wait“, na výstupu ze stroje je rozdělen tok součástí pravidlem „PERCENT“. Pokud proměnná „Znacení_koleje_navesy“ nabude hodnoty 1 a současně počet návěsů na „Ulozna_plocha_Ekol a Ulozna_plocha_Ewals < 40“ dělí se tok součástí v poměru 50% do stroje „Vykladka_navesy_1“ a 50% do stroje „Vykladka_navesy_2“ a jedná se o návěsy Ewals. Pokud se však počet návěsů na těchto

úložných plochách rovná hodnotě 40 jsou návěsy posílány pouze do stroje „Vykladka_navesy_1“. Stejný zápis je definován i pro případ, kdy proměnná „Znacení_koleje_navesy“ nabude hodnoty 2, kdy se jedná o návěsy Ekol, jak je znázorněno na obr. 5.35.



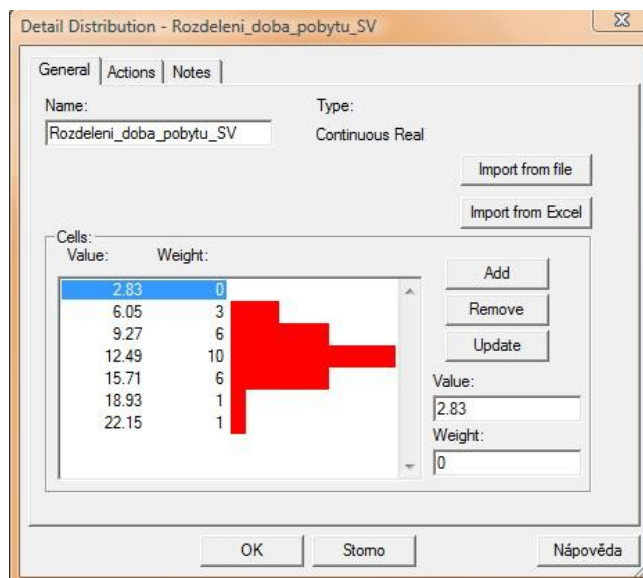
Obr. 5.35 – Definování výstupního pravidla stroje „Vykladka_manipulac_naves“

V modelu se poprvé vyskytují stroje „Vykladka_navesy_1“ a „Vykladka_navesy_2“. Proto vysvětlíme, jaký mají význam v modelu a jaké je jejich nastavení. Při vykládce je část návěsů z vlaku silničními vozidly, které do terminálu přijedou, přepravovány k dalšímu rozvozu k zákazníkům stroj „Vykladka_navesy_1“ a zbytek návěsů je odstaven silničním vozidlem AWT na odstavné parkoviště pro návěsy, které budou později rozvezeny stroj „Vykladka_navesy_2“. Nastavení stroje „Vykladka_navesy_1“ je na obr. 5.36.



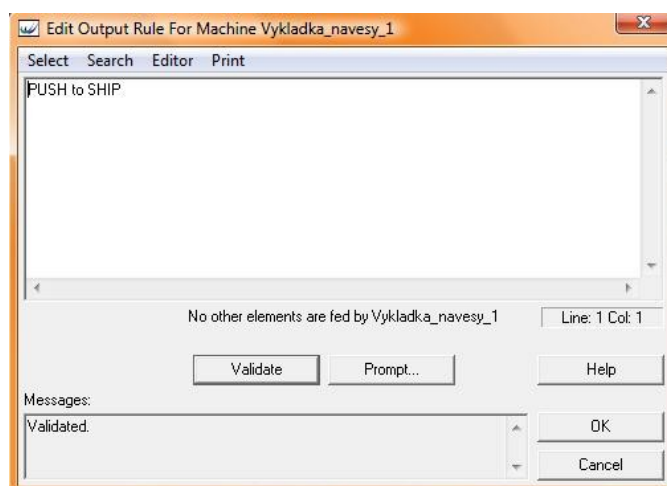
Obr. 5.36 – Nastavení stroje „Vykladka_navesy_1“

Doba pobytu silničních vozidel v terminálu přijíždějících pro návěsy k dalšímu rozvozu „*Cycle Time*“ se řídí spojitým empirickým rozdělením „*Rozdeleni_doba_pobytu_SV ()*“ vytvořeném na obr. 5.37.



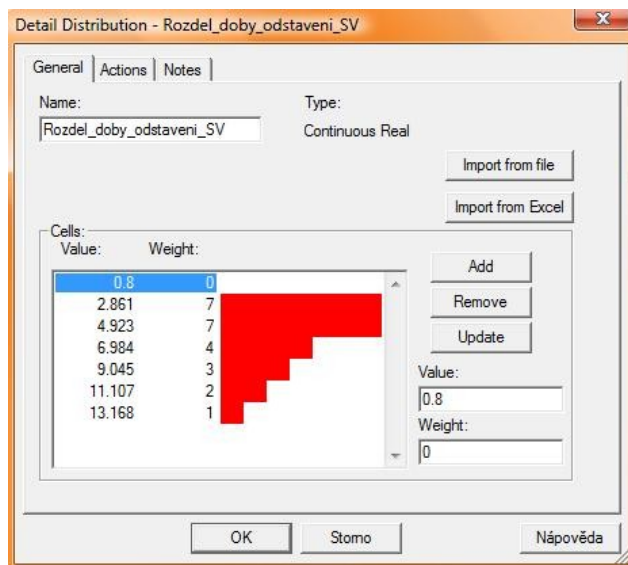
Obr. 5.37 – Definice histogramu četností „*Rozdel_doba_pobytu_SV*“

Vstup do stroje je definován pravidlem „*Wait*“ a výstupní pravidlo má tvar „*Push to SHIP*“, kdy návěsy jsou posílány pryč z modelu obr. 5.38.



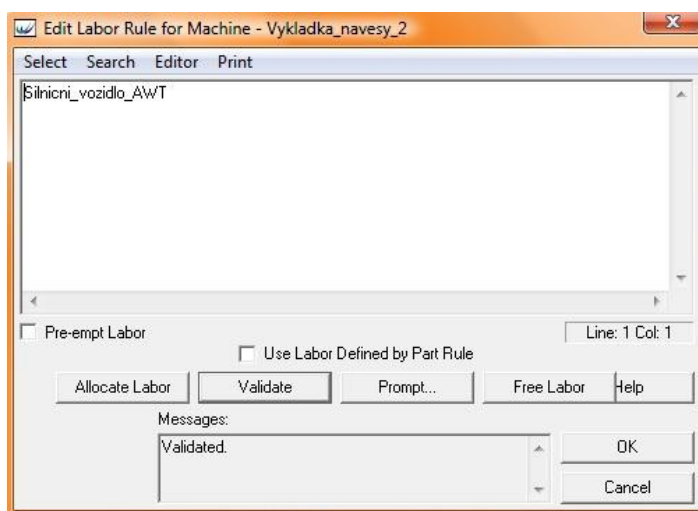
Obr. 5.38 – Definování výstupního pravidla stroje „*Vykladka_navesy_Ekol_1*“

Stroj „*Vykladka_navesy_2*“ se od předchozího stroje odlišuje tím, že „*Cycle Time*“ se řídí spojitým rozdělením „*Rozdel_doba_odstaveni_SV ()*“ definovaného na obr. 5.39.



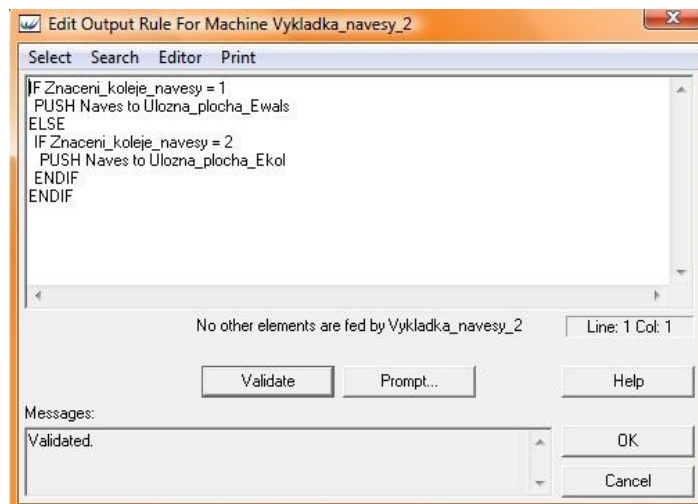
Obr. 5.39 – Definice histogramu četností „Rozdel_doba_odstaveni_SV“

Stroji je přiřazena pracovní síla v okně „Labor Rule...“ a to „Silnicni_vozidlo_AWT“ obr. 5.40.



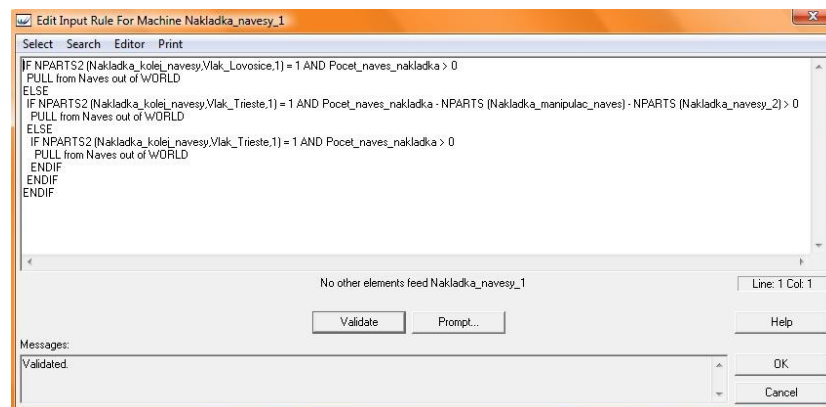
Obr. 5.40 – Definování pracovní síly pro stroj „Vykladka_navesy_2“

Na výstupu ze stroje obr. 5.41 opět používáme proměnnou „Znacení_koleje_navesy“ a její hodnota nám opět říká, o jaké návěsy se jedná. Při hodnotě 1 se jedná o návěsy Ewals a proto jsou posílány na „Ulozna_plocha_Ewals“. Při hodnotě 2 se jedná o návěsy Ekol, které jsou posílány na „Ulozna_plocha_Ekol“.

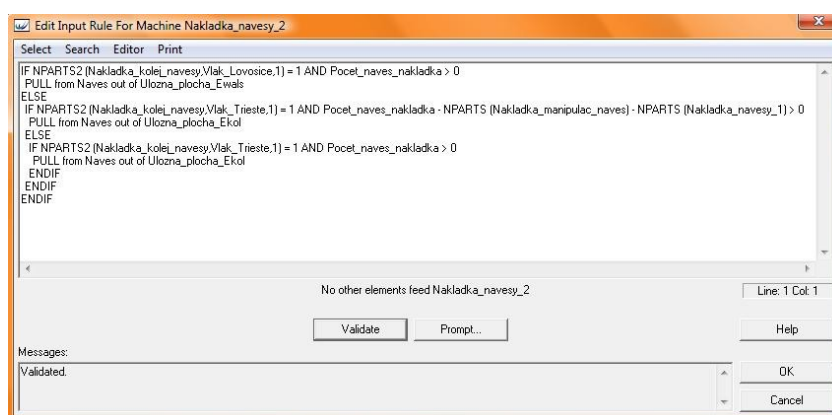


Obr. 5.41 – Definování výstupního pravidla stroje „*Vykladka_navesy_2*“

Nyní jsme provedli nastavení prvků sloužících k vykládce vlaku s návěsy. Nakládka vlaku s návěsy probíhá stejným způsobem jako jeho vykládka. Část vlaku je nakládána návěsy, které přivezou silniční vozidla mimo terminál a zbylá část je nakládána návěsy, jejichž přistavení zabezpečuje silniční vozidlo AWT z odstavného parkoviště pro návěsy. Rozdělení těchto poměrů je analogické jako při vykládce. Při nakládce vlaku se součást „*Naves*“ chová pasivně typ součásti „*Passive*“, která vstupuje do stroje „*Nakladka_navesy_1*“. Ukážeme si pouze nastavení vstupních pravidel strojů „*Nakladka_navesy_1*“ a „*Nakladka_naves_2*“, zajišťujících posílání návěsů na nakládku vlaku. Obr. 5.42 znázorňuje v případě prvního zápisu, že nachází-li se ve stroji „*Nakladka_kolej_navesy*“ jeden „*Vlak_Lovosice*“ a současně hodnota proměnné „*Pocet_naves_nakladka*“ je větší než 0 je součást „*Naves*“ vždy k dispozici funkce „*WORLD*“. Analogický význam má i třetí zápis pro „*Vlak_Trieste*“. Navíc je doplněn druhý zápis pro „*Vlak_Trieste*“, kdy součást „*Naves*“ je k dispozici pokud je hodnota proměnné „*Pocet_naves_nakladka*“ větší než 0 snižená o počet součástí nacházející se ve strojích „*Nakladka_manipulac_naves*“ a „*Nakladka_navesy_2*“. Analogické nastavení platí i pro stroj „*Nakladka_navesy_1*“ obr. 5.43, pouze součást „*Naves*“ je vybírána buď z „*Ulozna_plocha_Ewals*“ nebo „*Ulozna_plocha_Ekol*“.

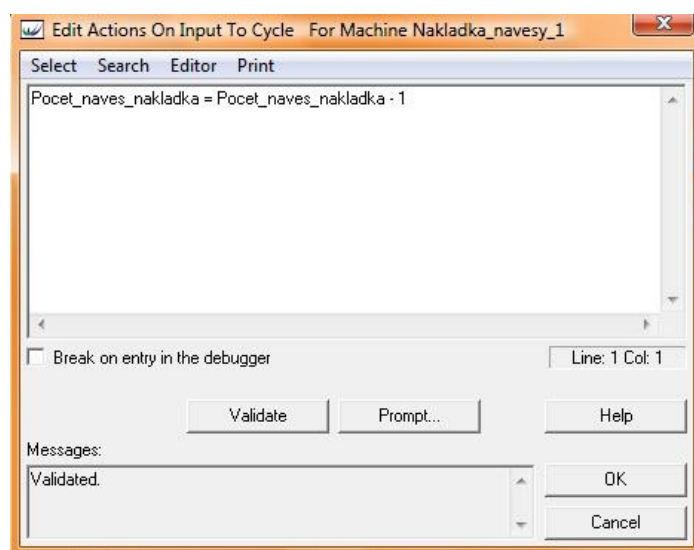


Obr. 5.42 – Definování vstupního pravidla stroje „Nakladka_navesy_1“



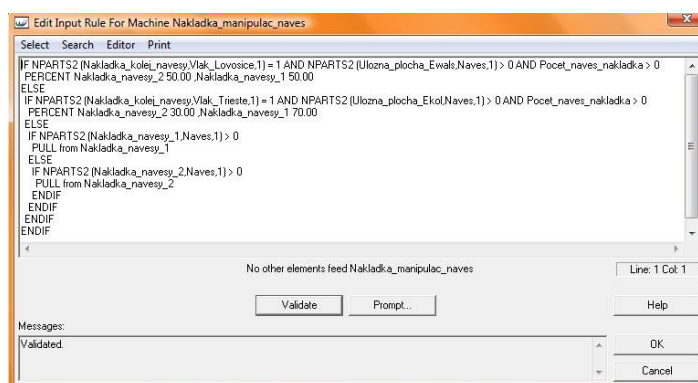
Obr. 5.43 – Definování vstupního pravidla stroje „Nakladka_navesy_2“

Pro oba stroje je ještě definována akce na vstupu v okně „Actions on Input...“ obr. 5.44. Při každém vstupu součásti do stroje dojde ke snížení hodnoty proměnné „Pocet_naves_nakladka“ o 1.



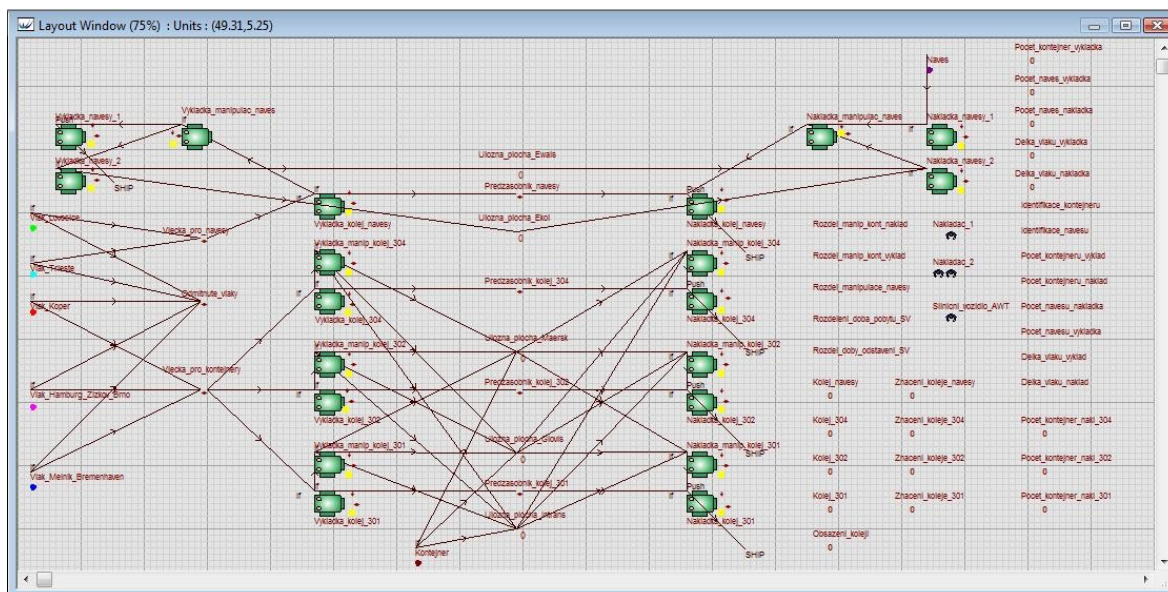
Obr. 5.44 – Definování vstupních akcí stroje „Nakladka_navesy_1“

Ukážeme si nastavení posledního stroje, který má odlišné nastavení oproti ostatním a tím je stroj „*Nakladka_manipulac_naves*“ a konkrétně se zaměříme na definování jeho vstupního pravidla obr. 5.45. V okně je definováno několik zápisů. Význam prvního zápisu je následující. Nachází-li se ve stroji „*Nakladka_kolej_navesy*“ 1 „*Vlak_Lovosice*“ a současně počet návěsů na „*Ulozna_plocha_Ewals*“ > 0 a hodnota proměnné „*Pocet_naves_nakladka*“ > 0 jsou vybírány součásti ze strojů v poměru 50% a 50%. Stejně pravidlo platí, když se ve stroji nachází 1 „*Vlak_Trieste*“ součásti jsou potom vybírány ze strojů v poměru 70% a 30%. Poslední dva zápisy zajistí, že pokud se ve strojích „*Nakladka_navesy_1*“ a „*Nakladka_navesy_2*“ nachází počet součástí „*Naves*“ > 0 jsou součásti z těchto strojů odeslány.



Obr. 5.45 – Definování vstupního pravidla stroje „*Nakladka_manipulac_naves*“

Nyní máme sestavený simulační model obr. 5.46, kde jsme si ukázali základní nastavení většiny prvků, které je obdobné i pro zbývající stroje, které jsme si neukázali a definovali vstupní a výstupní pravidla. Délka simulačního běhu odpovídá období od 2. 1. 2013 do 13. 11. 2013, tedy 316 dnů vynásobeno 1440 min. V minutách vyjádřeno číslem 455040 min. Vytvořený simulační model terminálu Paskov má podobné vlastnosti jako reálný systém. Před spuštěním simulačního modelu k provedení simulačních experimentů je nutné simulační model validovat.



Obr. 5.46 – Vytvořený simulační model terminálu

5.1 Validace simulačního modelu

Validace simulačního modelu slouží k tomu, jak dobře sestavený simulační model reprezentuje reálný systém. Validita je posuzována, jak moc se shodují data získána z reálného systému a data generovaných modelem. K zjištění správné validace simulačního modelu je nutné definovat a sledovat simulační výstupy. Pro sestavený simulační model sledujeme celkem 8 simulačních výstupů:

1. porovnání celkového počtu přijíždějících vlaků ze simulačního modelu oproti celkovému počtu přijíždějících vlaků zjištěných z informačního systému terminálu Paskov,
2. porovnání celkového počtu odjíždějících vlaků ze simulačního modelu oproti celkovému počtu odjíždějících vlaků zjištěných z informačního systému terminálu Paskov,
3. porovnání časů příjezdů vlaků ze simulačního modelu oproti časům příjezdů vlaků vypočítaných z informačního systému terminálu Paskov,
4. časy odjezdů vlaků,
5. využití nakladačů a silničního vozidla,

6. porovnání koncového počtu kontejnerů na úložných plochách ze simulace oproti koncovému počtu kontejnerů vypočítané z informačního systému terminálu Paskov,
7. průměrná doba pobytů jednotlivých vlaků v terminálu,
8. průměrná doba pobytů kontejnerů na úložných plochách.

Pro získání simulačních výstupů je potřeba simulační model vhodně upravit. Úpravami budeme rozumět přidání proměnných, koláčových grafů a definování akcí k provedení potřebných výpočtů. Pro zjednodušení si přidávané prvky zobrazíme v tabulkách s jejich názvy pro jednotlivé simulační výstupy.

Tab. 5.8 – Přidané prvky v modelu pro simulační výstup č. 1

„Vinteger“ (Celočíselná proměnná)	„Pocet_Vl_Lovosic_prijezd“
	„Pocet_Vl_Trieste_prijezd“
	„Pocet_Vl_Koper_prijezd“
	„Pocet_Vl_Ha_Zi_B_prijezd“
	„Pocet_Vl_Mel_Bre_prijezd“

Tab. 5.9 – Přidané prvky v modelu pro simulační výstup č. 2

„Vinteger“ (Celočíselná proměnná)	„Pocet_Vl_Lovosice_odjezd“
	„Pocet_Vl_Trieste_odjezd“
	„Pocet_Vl_Koper_odjezd“
	„Pocet_Vl_Ha_Zi_Br_odjezd“
	„Pocet_Vl_Mel_Bre_odjezd“

Tab. 5.10 – Přidané prvky v modelu pro simulační výstup č. 3

„Vinteger“ (Celočíselná proměnná)	„Radek_vstup_Vl_Lovosice“
	„Radek_vstup_Vl_Trieste“
	„Radek_vstup_Vl_Koper“
	„Radek_vstup_Vl_Ha_Zi_Br“
	„Radek_vstup_Vl_Mel_Bre“

Tab. 5.11 – Přidané prvky v modelu pro simulační výstup č. 4

„Vinteger“ (Celočíselná proměnná)	„Radek_vystup_Vl_Lovosice“
	„Radek_vystup_Vl_Trieste“
	„Radek_vystup_Vl_Koper“
	„Radek_vystup_Vl_Ha_Zi_Br“
	„Radek_vystup_Vl_Mel_Bre“

Tab. 5.12 – Přidané prvky v modelu pro simulační výstup č. 5

„Pie“ (Koláčový graf)	„Vyuziti_Nakladac_1“
	„Vyuziti_Nakladac_2“
	„Vyuziti_Silnicni_voz_AWT“

Tab. 5.13 – Přidané prvky v modelu pro simulační výstup č. 6

„Vinteger“ (Celočíselná proměnná)	„Pocet_kontejneru_Maersk“
	„Pocet_kontejneru_Glovis“
	„Pocet_kontejneru_Intrans“
„Vreal“ (Reálná proměnná)	„Radek_kontejnery_Maersk“
	„Radek_kontejnery_Glovis“
	„Radek_kontejnery_Intrans“
„Pie“ (Koláčový graf)	„Pocet_kontejneru“

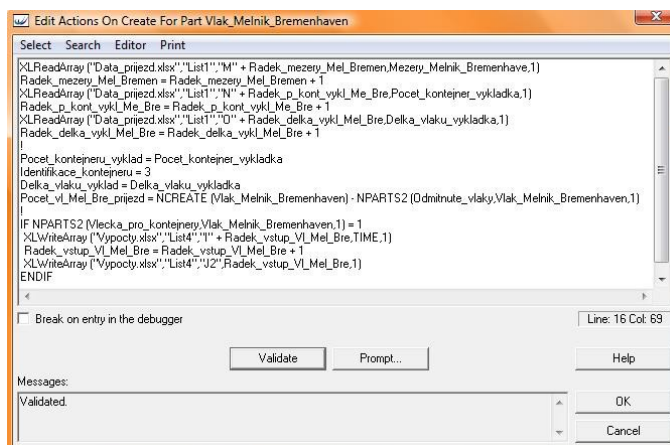
Tab. 5.14 – Přidané prvky v modelu pro simulační výstup č. 7

„Vreal“ (Reálná proměnná)	„Doba_pobytu_Vlak_Lovosic“
	„Doba_pobytu_Vlak_Trieste“
	„Doba_pobytu_Vlak_Koper“
	„Doba_pobyt_Vlak_Ha_Zi_Br“
	„Doba_pobytu_Vlak_Mel_Bre“
„Vinteger“ (Celočíselná proměnná)	„Radek_Vlak_Lovosice“
	„Radek_Vlak_Trieste“
	„Radek_Vlak_Koper“
	„Radek_Vlak_Hamb_Ziz_Brno“
	„Radek_Vlak_Melnik_Bremen“
„Pie“ (Koláčový graf)	„Doby_pobytu“

Tab. 5.15 – Přidané prvky v modelu pro simulační výstup č. 8

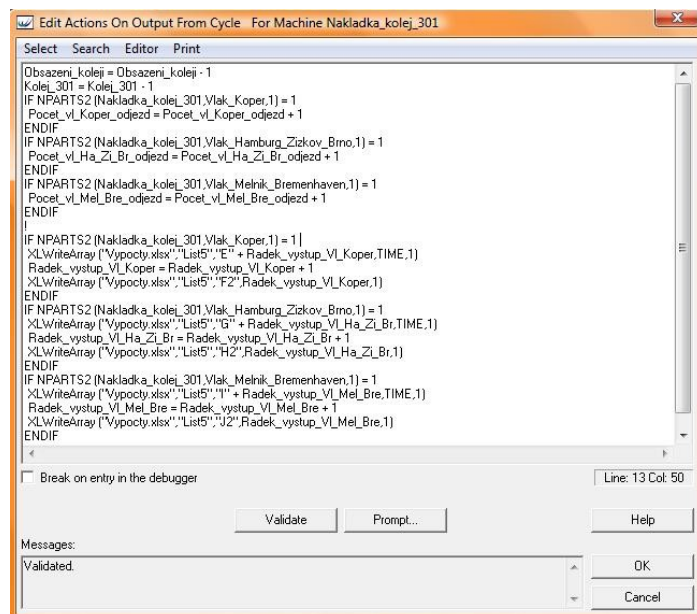
„Vreal“ (Reálná proměnná)	„Doba_pobytu_kont_Maersk“
	„Doba_pobytu_kont_Glovis“
	„Doba_pobytu_kont_Intrans“
	„Doba_pobytu_navesy_Ekol“
	„Doba_pobytu_navesy_Ewals“
„Vinteger“ (Celočíselná proměnná)	„Radek_pobyt_kont_Maersk“
	„Radek_pobyt_kont_Glovis“
	„Radek_pobyt_kont_Intrans“
	„Radek_pobyt_navesy_Ekol“
	„Radek_pobyt_navesy_Ewals“
„Pie“ (Koláčový graf)	„Doby_pobytu“

V případě prvního simulačního výstupu je nutné definovat zápis, který zajistí výpočet celkového počtu přijíždějících vlaků do modelu. Potřebný zápis se definuje pro každý vlak v okně „*Actions on Create...*“ obr. 5.47. Význam zápisu je takový, že hodnota proměnné „*Pocet_vl_Mel_Bre_prijezd*“ se bude navyšovat o počet vytvořených součástí funkce „*NCREATE*“ daného jména „*Vlak_Melnik_Bremenhaven*“ snížený o počet součástí „*Vlak_Melnik_Bremenhaven*“ nacházejících se v zásobníku „*Odmitnute_vlaky*“. V tomto okně také dochází k definování zápisu v případě získání výsledků simulačního výstupu č. 3. Pro zjištění časů příjezdů vlaků se využívá funkce „*TIME*“, která při každém vstupu vlaku zapíše hodnotu času do vytvořeného souboru „*Vypocty*“ v programu MS Excel. Obdobný zápis se definuje pro každý vlak.



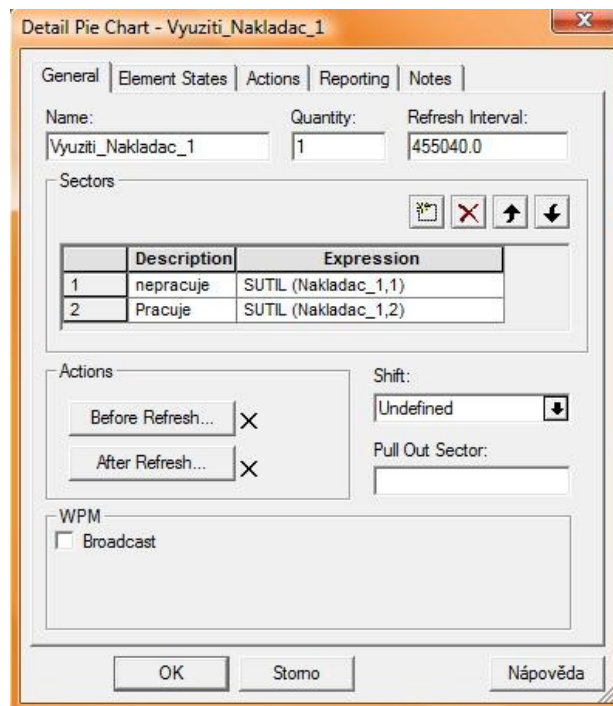
Obr. 5.47 – Definování akcí pro získání simulačních výstupů č. 1 a 3 součástí „*Vlak_Melnik_Bremenhaven*“

V případě získání celkového počtu odjíždějících vlaků ze simulačního modelu se potřebné akce definují na výstupu ze stroje reprezentující odjezd vlaku z nakládky. Definování těchto akcí si ukážeme na stroji „*Nakladka_kolej_301*“. K navyšování hodnoty proměnné „*Pocet_vl_Koper_odjezd*“ bude docházet tehdy, pokud se ve stroji „*Nakladka_kolej_301*“ nachází „*Vlak_Koper*“. Pro výpočet ostatních vlaků se použije obdobný zápis. Tyto akce jsou použity i v ostatních strojích reprezentujících odjezdy vlaků z nakládky. I v tomto případě jsou zde definovány akce pro výpočet simulačního výstupu č. 4. Pro zjištění časů odjezdů vlaků se opět využívá funkce „*TIME*“, která časy vstupů zapisuje do souboru „*Vypocty*“ v programu MS Excel. Stejné zápisy figurují i v ostatních strojích reprezentujících odjezdy vlaků z nakládky.



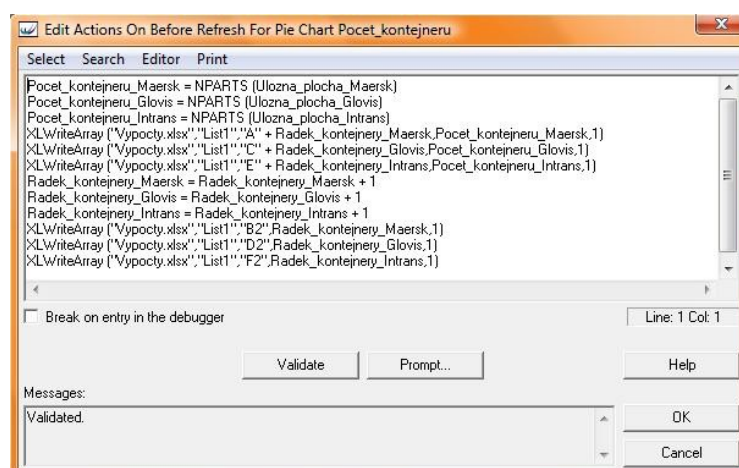
Obr. 5.48 – Definování akcí pro získání simulačních výstupů č. 2 a 4 stroje „Nakladka_kolej_301“

V případě simulačního výstupu č. 5 je využití nakladačů a silničního vozidla znázorněno koláčovým grafem „Pie“, kdy každý má přiřazen svůj graf. Každý koláčový graf má analogické nastavení obr. 5.49, kdy hodnota využití se aktualizuje po uběhnutí celého simulačního běhu okno „Refresh Interval“ v délce 455040 min. Pro zjištění procentuálního podílu celkového simulačního času pracovního využití se použije funkce „SUTIL“, která má dva parametry, první parametr vyjadřuje název prvku, pro který procentuální podíl zjišťujeme, druhý parametr je číselný index stavu daného prvku (1 nepracuje, 2 pracuje).



Obr. 5.49 – Základní nastavení koláčového grafu „Nakladac_1“

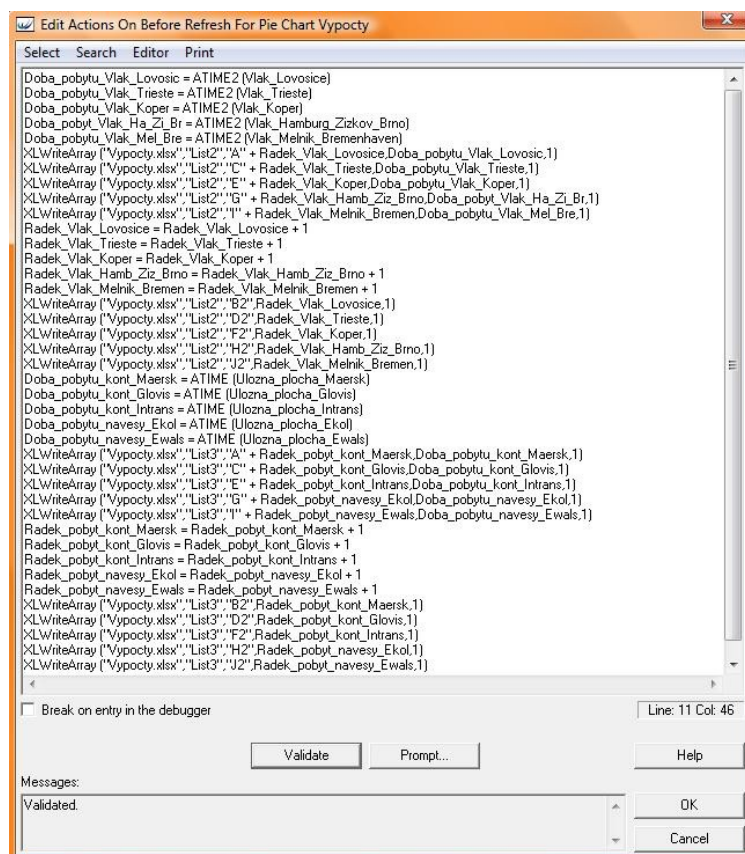
K zjištění koncového počtu kontejnerů na úložných plochách poslouží koláčkový graf „Pocet_kontejneru“. Počty kontejnerů na úložných plochách se budou aktualizovat „Refresh_Interval“ po uplynutí 1 dne tedy 1440 min. V okně „Before_Refresh“ obr. 5.50 jsou definovány zápisy, kdy hodnoty počtu kontejnerů na úložných plochách se zapisují do souboru „Vypocty“ v programu MS Excel.



Obr. 5.50 – Definování koláčového grafu „Pocet_kontejneru“

Pro simulační výstupy č. 7 a 8 použijeme opět koláčový graf „Doby_pobytu“. Aktualizace pro tyto výstupy se uskuteční, po uplynutí simulačního běhu v délce

455040 min. Obr. 5.51 znázorňuje definování akcí pro získání potřebných výsledků. Pro výpočet průměrné doby pobytu jednotlivých vlaků se použije funkce „*ATIME2*“. K výpočtu průměrné doby pobytu kontejnerů na úložných plochách se využije funkce „*ATIME*“. Dosažené výsledky se zapíší do souboru „*Vypocty*“ v programu MS Excel.



Obr. 5.51 – Definování koláčového grafu „*Doba_pobytu*“

Byly provedeny úpravy simulačního modelu za účelem získání simulačních výstupů pro úspěšnou validaci simulačního modelu. Nyní můžeme přistoupit k validaci modelu spuštěním simulačního běhu a po jeho skončení provedeme porovnání výsledků z reálného provozu a dosažených výsledků ze simulace.

5.2 Porovnání simulačních výstupů v rámci validace modelu

Pro první a druhý simulační výstup byl porovnán celkový počet přijíždějících a odjíždějících vlaků získaných z reálného provozu a ze simulace. Porovnání výsledků je znázorněno v tab. 5.16.

Tab. 5.16 – Porovnání počtu vlaků na příjezdu a odjezdu

Relace příjezd	Reálný provoz [-]	Simulační model [-]
Vlak Lovosice	95	95
Vlak Trieste	51	51
Vlak Koper	58	58
Vlak Hamburg, Žižkov, Brno	221	221
Vlak Mělník, Brementhaven	142	142
Relace odjezd	Reálný provoz [-]	Simulační model [-]
Vlak Lovosice	95	95
Vlak Trieste	51	51
Vlak Koper	58	58
Vlak Hamburg, Žižkov, Brno	221	221
Vlak Mělník, Brementhaven	142	142

Počty vlaků získaných ze simulačního modelu odpovídají hodnotám získaných z reálného provozu.

Pro třetí simulační výstup byly porovnány časy příjezdů vlaků z reálného provozu a ze simulačního modelu. V následujících tabulkách je znázorněno prvních 10 příjezdů pro jednotlivé vlaky.

Tab. 5.17 – Porovnání prvních 10 příjezdů z reálného provozu a simulace.

Mezery Lovosice		Mezery Trieste		Mezery Koper	
Reálný provoz [min]	Simulace [min]	Reálný provoz [min]	Simulace [min]	Reálný provoz [min]	Simulace [min]
7113	7113	30201	30201	8	8
1754	1754	10044	10044	4243	4243
5359	5359	10439	10439	4257	4257
1730	1730	9565	9565	1631	1631
1110	1110	19272	19272	6018	6018
1622	1622	111875	111875	1372	1372
74	74	5794	5794	6917	6917
1437	1437	4339	4339	4797	4797
4047	4047	7422	7422	7497	7497
3091	3091	2431	2431	10489	10489

Tab. 5.18 – Porovnání prvních 10 příjezdů z reálného provozu a simulace

Mezery Hamburg, Žižkov, Brno		Mezery Mělník, Bremenhaven	
Reálný provoz [min]	Simulace [min]	Reálný provoz [min]	Simulace [min]
5784	5784	4065	4065
271	271	3189	3189
1218	1218	3997	3997
89	89	3361	3361
96	96	2580	2580
1479	1479	4478	4478
1481	1481	2266	2266
1374	1374	3210	3210
4266	4266	4263	4263
853	853	2727	2727

Ve čtvrtém simulačním výstupu jsou zaznamenávány časy odjezdů vlaků ze simulačního modelu, pro které nemáme porovnání s reálným provozem tab. 5.19.

Tab. 5.19 – Prvních 10 odjezdů ze simulačního modelu

Mezery Lovosice	Mezery Trieste	Mezery Koper	Mezery Hamburg, Žižkov, Brno	Mezery Mělník, Bremenhaven
Simulace [min]	Simulace [min]	Simulace [min]	Simulace [min]	Simulace [min]
7197	30900	259	5816	4187
8943	40886	4497	6095	7595
14281	51401	8778	7446	11435
16029	60996	10401	7554	14755
17123	80291	16478	7689	17539
18745	192102	17789	9018	21771
18821	197663	24715	10463	24062
20251	201924	29510	11834	27528
24322	209381	36983	16456	31511
27416	211819	47552	16956	34296

Časy odjezdů jednotlivých vlaků v simulačním modelu, znázorňují odjezdy vlaků z nakládky. V reálném provozu se vlaky po nakládce přepravují na vlečku, kde se zdrží ještě určitou dobu a poté následně odjíždějí. Odstavení vlaků po nakládce na vlečku v simulačním modelu není zohledněno.

V pátém simulačním výstupu je sledováno využití nakladačů a silničního vozidla AWT po uplynutí celého simulačního běhu. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 5.20.

Tab. 5.20 – Využití nakladačů a silničního vozidla AWT ze simulačního modelu

Pracovníci	Využití [%]
Nakladač 1	10,16
Nakladač 2(1)	6,70
Nakladač 2(2)	1,03
Silniční vozidlo AWT	2,42

V šestém simulačním výstupu jsou sledovány koncové počty kontejnerů na úložných plochách za sledované období v porovnání reálného provozu a ze simulace. V příloze D jsou znázorněny sloupcové grafy znázorňující koncové počty kontejnerů za den na jednotlivých úložných plochách.

Tab. 5.21 – Koncové počty kontejnerů na úložných plochách z reálného provozu a simulace

Kontejnery	Koncový počet kontejnerů z reálného provozu [-]	Koncový počet kontejnerů ze simulace [-]
Maersk	-679	-679
Glovis	708	708
Intrans	251	251

Koncový počet kontejnerů Maersk na úložné ploše je záporný. V průběhu simulace pro kontejnery Maersk dojde k situaci, kdy počet kontejnerů vstupujících do překladiště je menší než počet vystupujících kontejnerů konkrétně -766 kontejnerů. Od tohoto rozdílu byl odečten ještě počáteční stav 87 kontejnerů. Výsledná hodnota -679 tedy udává potřebný počet kontejnerů, které budou do modelu dodány. Tento záporný počet je způsoben i situací, kdy v reálném provozu dochází k rozvozu a svozu kontejnerů silničními vozidly. Tato situace v sestaveném simulačním modelu není zohledněna.

V sedmém simulačním výstupu je sledována průměrná doba pobytu vlaku v terminálu pro jednotlivé směrové relace za simulované období. Průměrná doba vlaků strávených v simulačním modelu je závislá na počtu kontejnerů určených k vykládce a na počtu

kontejnerů k nakládce. Hodnoty těchto dob také odpovídají situaci, kdy je uvažováno vyložení vlaku a jeho okamžité naložení, které odpovídá i reálnému provozu, kdy je snahou odbavit jednotlivé vlaky v co nejkratší době.

Tab. 5.22 – Průměrná doba pobytu vlaků v terminálu ze simulace

Vlak	Průměrná doba pobytu vlaků v terminálu ze simulace [min]
Lovosice	91,3
Trieste	342,4
Koper	268,4
Hamburg, Žižkov, Brno	105,8
Mělník, Bremenhaven	236,6

V osmém simulačním výstupu je sledována průměrná doba pobytu kontejnerů a návěsů jednotlivých společností na úložných plochách za simulované období.

Tab. 5.23 – Průměrná doba pobytu kontejnerů a návěsů na úložných plochách ze simulace

Kontejnery	Průměrná doba pobytu kontejnerů na úložných plochách ze simulace [min]
Maersk	1559,4
Glovis	108299,5
Intrans	43242,8
Návěsy	Průměrná doba pobytu návěsů na úložných plochách ze simulace [min]
Ewals	8061,8
Ekol	16928,4

V případech, kdy porovnáváme výsledky simulačních výstupů s výsledky z reálného provozu, jsou tyto výsledky navzájem shodné a můžeme tvrdit, že vytvořený simulační model je validní.

6 Vyhodnocení provedených experimentů

Po provedení validace simulačního modelu, kdy byly definovány simulační výstupy a uvedeny jejich výsledky, můžeme přistoupit k provedení simulačních experimentů. K simulačnímu experimentu bude použit vytvořený simulační model, který bude pro podmínky simulačního experimentu upraven. Experiment bude prováděn na simulačním modelu reprezentující rozšíření stávajícího terminálu.

Společnost AWT a.s. má v plánu v období 2013-2018 rozšířit stávající část terminálu vybudováním druhé části terminálu. V nově vybudované části dojde k vytvoření jedné manipulační koleje o délce 320 m, vybudování úložné plochy o kapacitě 2400 TEU a 100 odstavných stání pro silniční návěsy. O obsluhu celého terminálu se bude starat celkem 8 překladačů.

Simulační model tedy doplníme o jednu manipulační kolej navíc, jak pro kontejnerovou část, tak i návěsovou část modelu. Dále zvýšíme kapacity úložných ploch kontejnerů v poměru 40% pro kontejnery Glovis a 30% pro kontejnery Maersk a Intrans. Kapacity odstavných ploch pro návěsy navýšíme o 100 míst a počet překladačů zvýšíme na 8. K provedení experimentu bude model navíc doplněn o proměnné vztahující se k nově zavedené koleji. Navíc dojde k odstranění všech údajů, které byly použity za účelem validace simulačního modelu. Použitím vykřičníku na začátku řádku jsou tyto nepotřebné údaje brány jako komentáře.

Pro nově vytvořený simulační model se realizovalo 6 simulačních experimentů, kdy:

- mezery mezi příjezdy vlaků jednotlivých relací na vykládku se řídí vlastním rozdělením,
- počty kontejnerů na vykládku a nakládku se řídí vlastním rozdělením,
- délky vlaků určených k vykládce a nakládce se řídí vlastním rozdělením.

Po provedení prvního experimentu, docházelo k modifikaci mezer mezi příjezdy vlaků, kdy docházelo k postupnému zvyšování intenzity příjíždějících vlaků. Tyto modifikace byly upraveny pro každý vlak v oknech „*Inter Arrival Time*“ a „*First Arrival At*“, kde je

definováno empirické rozdělení mezer mezi příjezdy. Například pro „*Vlak_Lovosice*“ je tento zápis definován takto „*Rozdeleni_mezer_Lovosice () * 0.9*“.

6.1 Simulační experiment č. 1

V tomto simulačním experimentu jsou simulovány mezery mezi příjezdy vlaků jednotlivých relací na vykládku. Tyto mezery byly vypočítány z poskytnutého informačního systému terminálu. Pro tyto mezery bylo provedeno otestování, zda se vypočítané mezery pro jednotlivé relace řídí exponenciálním rozdělením. V žádném případě nebylo exponenciální rozdělení potvrzeno. Pro simulační experiment se použije vlastní rozdělení mezer pro jednotlivé směrové relace. Vlastní rozdělení jsou znázorněny, jako histogramy četností uvedené v elektronické příloze F, vytvořených ze souborů mezer přijíždějících vlaků. Histogramy se následně převedou do simulačního modelu. Pro počty kontejnerů a návěsů určených k vykládce a nakládce a s nimi související délky jednotlivých vlaků nebylo provedeno otestování těchto dat, zda se řídí určitým rozdělením. Pro tyto data se provedlo pouze rozdělení do tříd a vytvoření jednotlivých histogramů četností, které budou použity při simulačním experimentu. Histogramy četností pro počty kontejnerů a návěsů a jednotlivé délky vlaků jsou uvedeny v elektronické příloze F.

Pro simulační experiment jsou sledovány simulační výstupy a to:

- počet vlaků přijíždějících na vykládku,
- počet vlaků odjíždějících z nakládky,
- průměrné doby pobytů vlaků v terminálu,
- průměrné doby pobytů kontejnerů a návěsů na úložných plochách.

Hlavním ukazatelem k posouzení kapacity terminálu budou využity pouze počty přijíždějících vlaků na terminál.

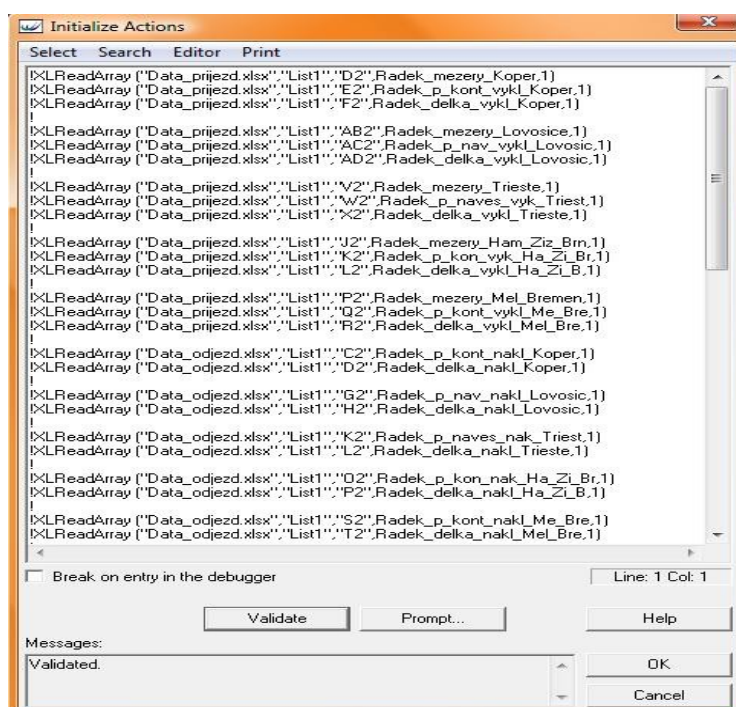
6.1.1 Úprava simulačního modelu pro experiment č. 1

Prvky, které byly přidány za účelem provedení simulačního experimentu, jsou uvedeny v tab. 6.1.

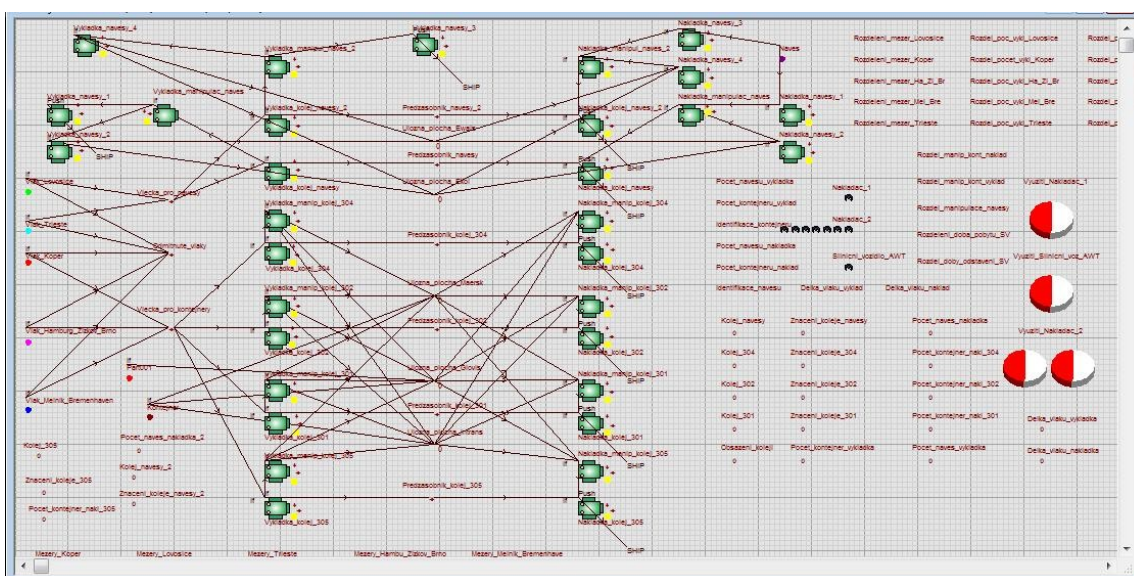
Tab. 6.1 – Přidané prvky pro simulační experiment

„ <i>Machines</i> “ (Stroje)	„ <i>Vykladka kolej 305</i> “
	„ <i>Vykladka manip kolej 305</i> “
	„ <i>Nakladka kolej 305</i> “
	„ <i>Nakladka manip kolej 305</i> “
	„ <i>Predzasobnik kolej 305</i> “
	„ <i>Vykladka kolej navesy 2</i> “
	„ <i>Vykladka manipul naves 2</i> “
	„ <i>Vykladka navesy 3</i> “
	„ <i>Vykladka navesy 4</i> “
	„ <i>Nakladka kolej navesy 2</i> “
	„ <i>Nakladka manipul naves 2</i> “
	„ <i>Nakladka navesy 3</i> “
	„ <i>Nakladka navesy 4</i> “
	„ <i>Predzasobnik navesy 2</i> “
„ <i>Vinteger</i> “ (Celočíselná proměnná)	„ <i>Kolej 305</i> “
	„ <i>Znaceni koleje 305</i> “
	„ <i>Pocet kontejner nakl 305</i> “
	„ <i>Kolej navesy 2</i> “
	„ <i>Znaceni koleje navesy 2</i> “
„ <i>RDist</i> “ (Spojité empirické rozdělení)	„ <i>Pocet naves nakladka 2</i> “
	„ <i>Rozdel poc vykl Lovosice</i> “
	„ <i>Rozdel pocet vykl Koper</i> “
	„ <i>Rozdel poc vykl Ha Zi Br</i> “
	„ <i>Rozdel poc vykl Mel Bre</i> “
	„ <i>Rozdel poc vykl Trieste</i> “
	„ <i>Rozdel poc nakl Lovosice</i> “
	„ <i>Rozdel pocet nakl Koper</i> “
	„ <i>Rozdel poc nakl Ha Zi Br</i> “
	„ <i>Rozdel poc nakl Mel Bre</i> “
	„ <i>Rozdel poc nakl Trieste</i> “
	„ <i>Rozdel del vykl Lovosice</i> “
	„ <i>Rozdel delka vykl Koper</i> “
	„ <i>Rozdel del vykl Ha Zi Br</i> “
	„ <i>Rozdel del vykl Mel Bre</i> “
	„ <i>Rozdel del vykl Trieste</i> “
	„ <i>Rozdel del nakl Lovosice</i> “
	„ <i>Rozdel delka nakl Koper</i> “
	„ <i>Rozdel del nakl Ha Zi Br</i> “
	„ <i>Rozdel del nakl Mel Bre</i> “
	„ <i>Rozdel del nakl Trieste</i> “

Nastavení těchto prvků je analogické, jako u ostatních prvků, které byly definovány při tvorbě simulačního modelu. Na obr. 6.1 jsou v okně inicializačních akcí znázorněny upravené zápisy, které nejsou aktivní při simulačním experimentu. Dále bylo upraveno nastavení některých prvků, které používaly údaje získané z reálného provozu. Tato nastavení byla upravena pro potřeby simulačního modelu, který pracuje s daty řídicími se vlastním rozdělením. Na obr. 6.2 je upravený simulační model pro simulační experimenty modelující plánované rozšíření terminálu Paskov.



Obr. 6.1 – Upravené inicializační akce



Obr. 6.2 – Upravený simulační model pro experiment č. 1

Pro první simulační experiment se provedlo celkem 5 simulačních běhů. Délka jednoho simulačního běhu je 455040 min. Upravením simulačního modelu pro potřeby experimentů se z deterministického modelu stal stochastický a výsledky mají charakter náhodné proměnné. Výsledky simulačních výstupů se vztahují k uplynutí délky jednoho simulačního běhu. Výsledky jednotlivých simulačních výstupů jsou zobrazeny v následujících tabulkách.

Tab. 6.2 – Počet vlaků přijíždějících na vykládku

Lovosice [-]	Trieste [-]	Koper [-]	Hamburg, Žižkov, Brno [-]	Mělník, Bremenhaven [-]
166	35	63	220	153
165	34	60	219	153
164	35	61	219	152
163	23	60	221	153
166	35	63	220	153
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
163,2	32,4	61,4	219,8	152,8
Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s
1,3	5,3	1,5	0,8	0,4

Tab. 6.3 – Počet vlaků odjíždějících z nakládky

Lovosice [-]	Trieste [-]	Koper [-]	Hamburg, Žižkov, Brno [-]	Mělník, Bremenhaven [-]
166	35	63	220	153
165	34	60	219	153
164	35	61	219	152
163	23	60	221	153
166	35	63	220	153
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
163,2	32,4	61,4	219,8	152,8
Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s
1,3	5,3	1,5	0,8	0,4

Tab. 6.4 – Průměrné doby pobytů vlaků v terminálu

Lovosice [min]	Trieste [min]	Koper [min]	Hamburg, Žižkov, Brno [min]	Mělník, Bremenhaven [min]
69,0	504,4	240,4	92,4	210,6
71,4	528,4	246,7	95,2	208,1
69,9	541,6	241,4	101,2	211,5
68,8	475,1	243,3	95,4	210,7
69,0	504,4	240,4	92,4	210,6
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
69,6	510,8	242,4	95,3	210,3
Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s
1,1	25,5	2,6	3,6	1,3

Tab. 6.5 – Průměrné doby pobytů kontejnerů a návěsů na úložných plochách

Kontejnery Maersk [min]	Kontejnery Glovis [min]	Kontejnery Intrans [min]	Návěsy Ekol [min]	Návěsy Ewals [min]
1110,7	70501,7	13464,6	130775,0	55379,0
1502,3	89731,8	9700,0	119765,0	32915,5
1058,2	88211,7	10899,8	95850,1	51545,1
1559,9	76216,9	6744,5	42477,1	55410,3
1110,7	70501,7	13464,6	130775,0	55379,0
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
1268,3	79032,7	10854,7	103928,4	50125,8
Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s	Výběrová směrodatná odchylka s
241,7	9383,6	2821,9	37194,7	9763,8

Pro získané výsledky ze simulačního experimentu se provede intervalový odhad střední hodnoty na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Protože máme pouze rozsah soubor $n = 5$ použijeme Studentovo rozdělení pravděpodobnosti s $n - 1$ stupni volnosti.

Pro dolní mez konfidenčního intervalu platí vztah:

$$T_d = \bar{x} - \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{1-\frac{\alpha}{2}; n-1}$$

Horní mez konfidenčního intervalu:

$$T_h = \bar{x} + \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t_{1-\frac{\alpha}{2};n-1}$$

kde: \bar{x} ... výběrový průměr,
 s ... výběrová směrodatná odchylka,
 n ... rozsah souboru, $n = 5$,
 $t_{1-\frac{\alpha}{2};n-1}$... kvantil Studentova rozdělení

$$t_{1-\frac{\alpha}{2};n-1} = 2,78$$

α ... hladina významnosti.

Zpracované výsledky simulačních výstupů jsou znázorněny v následujících tabulkách.

Tab. 6.6 – Zpracované výsledky počtu vlaků přijíždějících na vykládku

Lovosice [-]	Trieste [-]	Koper [-]	Hamburg, Žižkov, Brno [-]	Mělník, Bremenhaven [-]
T_d	T_d	T_d	T_d	T_d
163,2	25,9	59,5	218,8	152,2
T_h	T_h	T_h	T_h	T_h
166,4	38,9	63,3	220,8	153,4

Tab. 6.7 – Zpracované výsledky počtu vlaků odjíždějících z nakládky

Lovosice [-]	Trieste [-]	Koper [-]	Hamburg, Žižkov, Brno [-]	Mělník, Bremenhaven [-]
T_d	T_d	T_d	T_d	T_d
163,2	25,9	59,5	218,8	152,2
T_h	T_h	T_h	T_h	T_h
166,4	38,9	63,3	220,8	153,4

Tab. 6.8 – Zpracované výsledky průměrné doby pobytů vlaků v terminálu

Lovosice [min]	Trieste [min]	Koper [min]	Hamburg, Žižkov, Brno [min]	Mělník, Bremenhaven [min]
T_d	T_d	T_d	T_d	T_d
68,3	479,0	239,2	90,8	208,7
T_h	T_h	T_h	T_h	T_h
71,0	542,5	245,7	99,8	211,9

Tab. 6.9 – Zpracované výsledky průměrné doby pobytů kontejnerů a návěsů na úložných plochách

Kontejnery Maersk [min]	Kontejnery Glovis [min]	Kontejnery Intrans [min]	Návěsy Ekol [min]	Návěsy Ewals [min]
T_d	T_d	T_d	T_d	T_d
968,3	67381,4	7350,9	57745,1	38002,4
T_h	T_h	T_h	T_h	T_h
1568,4	90684,0	14358,6	150111,8	62249,2

Výsledky ostatních simulačních experimentů se sledovanými výstupy jsou uvedeny v elektronické příloze G. Zpracované výsledky intervalovým odhadem střední hodnoty, jsou uvedeny v přílohách.

6.2 Vyhodnocení simulačních experimentů

Z hlediska posouzení kapacity plánovaného rozšíření terminálu Paskov, byla simulačními experimenty, namodelována situace, kdy intenzita příjíždějících vlaků na vykládku je dvojnásobná. V následující tabulce jsou zobrazeny intenzity počtu příjíždějících vlaků z jednotlivých simulačních experimentů. Tyto intenzity byly vypočítány z celkového počtu příjíždějících vlaků za simulované období tedy 316 dní. Pro lepší představu dosažených výsledků, byly tyto intenzity přepočítány na počet příjíždějících vlaků za den.

Tab. 6.10 – Výsledné intenzity příjíždějících vlaků z provedených experimentů

Relace	Lovosice	Trieste	Koper	Hamburg, Žižkov, Brno	Mělník, Bremenhaven
Intenzita 1 [vlaků/den]	0,52	0,10	0,19	0,70	0,48
Intenzita 2 [vlaků/den]	0,57	0,12	0,21	0,77	0,54
Intenzita 3 [vlaků/den]	0,65	0,13	0,24	0,87	0,61
Intenzita 4 [vlaků/den]	0,77	0,16	0,28	0,95	0,71
Intenzita 5 [vlaků/den]	0,91	0,20	0,34	1,12	0,80
Intenzita 6 [vlaků/den]	1,13	0,22	0,38	1,35	0,97

Následující tabulka znázorňuje pro srovnání stávající intenzitu příjíždějících vlaků z reálného provozu terminálu a dvojnásobné intenzity příjíždějících vlaků z posledního simulačního experimentu.

Tab. 6.11 – Porovnání intenzit příjíždějících vlaků

Relace	Stávající intenzita [vlaků/den]	Dvojnásobná intenzita [vlaků/den]
Lovosice	0,51	1,13
Trieste	0,10	0,22
Koper	0,18	0,38
Hamburg, Žižkov, Brno	0,70	1,35
Mělník, Bremenhaven	0,45	0,97

Pro jednotlivé simulační experimenty byl simulační sledován, zda vlivem postupného zvyšování intenzity příjíždějících vlaků nedochází k tvorbě front na obou vlečkách v simulačním modelu případně k odmítání příjíždějících vlaků na terminál. V žádném experimentu ani při dvojnásobné intenzitě příjíždějících vlaků k těmto problémům nedocházelo. Bylo tedy ověřeno, že po plánovaném rozšíření terminálu Paskov, je schopen terminál dvojnásobnou intenzitu příjíždějících vlaků zvládnout z pohledu odbavení všech

vlaků, které na terminál přijedou. To ale neznamená, že terminál není schopen odbavit ještě větší intenzity příjíždějících vlaků.

Samozřejmě se jedná o velice složitý proces, který je ovlivňován mnoha faktory, které se vyskytují v reálném provozu. Z časového hlediska se nepodařilo všechny tyto situace v diplomové práci zohlednit, nicméně podařilo se vytvořit dostatečně funkční simulační model, na kterém je možnost do budoucna dále pracovat, v rámci zdokonalení jeho funkčnosti, pro podmínky reálného provozu.

7 Závěr

Cílem diplomové práce bylo sestavení simulačního modelu v simulačním softwaru Witness 2008, který má modelovat vlastnosti reálného provozu terminálu Paskov. Před začátkem sestavení simulačního modelu a jeho následnou validaci bylo nutné získat vstupní údaje a poznání jak se daný systém v reálném provozu chová. K tvorbě simulačního modelu bylo nutné zanalyzovat tyto data. Simulační model provozu terminálu Paskov byl sestavován v simulačním softwaru Witness 2008

Ze získaných podkladů a provedených měření, bylo nutné tyto údaje statisticky zpracovat. Po zpracování získaných údajů byl vytvořen základní simulační model. Sestavený model bylo nutné validovat. Při validaci se chová simulační model jako deterministický, vstupní údaje mají charakter konstant.

Pro validaci simulačního modelu bylo zapotřebí sledovat simulační výstupy. Validace byla provedena na porovnání počtu příjezdějících vlaků na terminál z reálného provozu a simulace, počtu odjezdějících vlaků z terminálu zjištěných z reálného provozu a simulace, porovnání časy vstupů vlaků z provozu a simulace a porovnání koncového počtu kontejnerů na úložných plochách. Získané hodnoty jednotlivých výstupů při validaci modelu byly shodné s hodnotami z reálného provozu. Simulační model je tedy validní.

Po provedení validace modelu bylo možné přistoupit k simulačním experimentům. Validní simulační model musel být k provedení simulačních experimentů upraven. Simulační model pro experimenty se nyní chová jako stochastický. Vstupní údaje, které měly charakter konstant, byly nahrazeny náhodnými proměnnými v podobě empirických rozdělení. Výstupem experimentů byl sledován počet příjezdějících a odjezdějících vlaků, průměrná doba pobytu vlaků v terminálu a průměrné doby pobytů kontejnerů a návěsů na úložných plochách.

Posouzení kapacity terminálu Paskov se vztahovalo k situaci rozšíření kapacity terminálu Paskov, která je plánována v letech 2013 -2018. Snahou bylo zjistit jaké množství příjezdějících vlaků, bude terminál schopen odbavit. Postupně docházelo

k modifikaci simulačního experimentu, kdy byla zvyšována vstupní intenzita příjezdějících vlaků na terminál. Simulačním experimentem bylo dosaženo situace, kdy intenzita příjezdějících vlaků na terminál byla dvojnásobná oproti reálnému provozu. Ani při této intenzitě nedocházelo k tvorbě front na vlečce nebo odmítání příjezdějících vlaků. Pokud by v reálném provozu nastala situace, kdy intenzita příjezdějících vlaků na terminál je dvojnásobná, terminál je schopen tuto intenzitu vlaků zvládnout, bez toho aniž by musel některé vlaky odmítnout.

Seznam použité literatury

- [1] KŮS Z., GLOMBÍKOVÁ V., HALASOVÁ A. *Simulace výrobních systémů – díl 1*. Liberec: Technická univerzita v Liberci. 2002. ISBN 55-082-02.
- [2] DORDA M., *Aplikace počítačů v provozu – Testování statistických hypotéz*. [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. [cit. 2014-03-27]. Dostupné na WWW: <http://home1.vsb.cz/~dor028/Aplikace_7.pdf>.
- [3] DORDA, M., *Kvantitativní metody organizace a řízení II – Pearsonův test dobré shody*. [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. Dostupné na WWW: <http://home1.vsb.cz/~dor028/KMORII_5.pdf>
- [4] DORDA, M., *Aplikace počítačů v provozu – Odhady parametrů základního souboru*. [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. Dostupné na WWW: <http://home1.vsb.cz/~dor028/Aplikace_6.pdf>
- [5] DORDA M., HRADIL M., MÝDLO L., *Simulace technologických systémů a procesů*. [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava. [cit. 2014-05-04]. Dostupné na WWW: <http://issuu.com/michdor/docs/m15_text?e=7481937/1595463>.
- [6] Provozní řád terminálu Ostrava Paskov AWT s. r. o., Příloha č. 1, str. 33 Dostupné z WWW: <<http://www.opd.cz/Modules/OpdProject/Pages/Project.aspx?id=105>>.
- [7] Dostupné z WWW: <<http://www.awt.eu/cs/media/tiskove-zpravy/otevreny-terminal-ostrava-paskov-vyrazne-rozsiril-nabidku-sluzeb>>.
- [8] Ing. Lubomír Malinovský – AWT a.s.

Seznam příloh

Příloha A	Informační systém
Příloha B	Výsledky simulačního experimentů č. 2 zpracované intervalovým odhadem
Příloha C	Výsledky simulačního experimentů č. 3 zpracované intervalovým odhadem
Příloha D	Výsledky simulačního experimentů č. 4 zpracované intervalovým odhadem
Příloha E	Výsledky simulačního experimentů č. 5 zpracované intervalovým odhadem
Příloha F	Výsledky simulačního experimentů č. 6 zpracované intervalovým odhadem

Seznam elektronických příloh

Elektronická příloha A	Statistické zpracování mezer mezi příjezdy
Elektronická příloha B	Statistické zpracování manipulačních časů získaných změřením
Elektronická příloha C	Tabulky statistických souborů pro jednotlivé relace
Elektronická příloha D	Tabulky provedených měření
Elektronická příloha E	Tabulky porovnání výsledků pro validaci
Elektronická příloha F	Histogramy vytvořené pro simulační experiment
Elektronická příloha G	Tabulky s výsledky jednotlivých simulačních experimentů

Příloha A Informační systém

Tab. č. p. 1: Výřez zaznamenávaných údajů informačním systémem v terminálu Paskov

Směr	Relace	Počet kontejneru	Počet vozu	Délka vltaru	Brutto kontejneru	Datum nakládky	Datum vykládky	Vjezd	Čas vjezdu	Čas výjezdu	Výjezd
příjezd	Koper	36	36	506	554930		02.01.2013	02.01.2013	10:23		
příjezd	Koper	38	19	506	556075		02.01.2013	02.01.2013	10:31	11:52	02.01.2013
odjezd	Koper	35	17	470	497810	02.01.2013		02.01.2013	10:31	11:57	02.01.2013
příjezd	Žižkov	1	1	20	11680		03.01.2013	03.01.2013	12:09	13:43	03.01.2013
odjezd	Mělník	21	17	340	551402	02.01.2013		02.01.2013	15:42	15:44	02.01.2013
odjezd	Žižkov	1	1	20	3800	03.01.2013		03.01.2013	12:09	13:43	03.01.2013
příjezd	Mělník	20	19	220	538300		03.01.2013	03.01.2013	12:04	15:43	03.01.2013
odjezd	Mělník	14	16	240	409230	03.01.2013		03.01.2013	12:04	15:43	03.01.2013
příjezd	Koper	38	19	506	483315		05.01.2013	05.01.2013	09:14	14:33	05.01.2013
příjezd	Mělník	55	21	610	912944		06.01.2013	06.01.2013	07:49	12:19	06.01.2013
odjezd	Hamburg	23	23	606	187220	04.01.2013		04.01.2013	14:36	16:39	04.01.2013
příjezd	Žižkov	4	3	60	71429		07.01.2013	07.01.2013	07:33		
příjezd	Žižkov	43	22	500	919329		07.01.2013	07.01.2013	12:04		
příjezd	Koper	35	18	490	442690		08.01.2013	08.01.2013	08:11	11:03	09.01.2013
odjezd	Koper	38	19	506	533800	05.01.2013		05.01.2013	09:14	14:33	05.01.2013
příjezd	Hamburg	46	23	606	947135		08.01.2013	08.01.2013	9:51	10:54	11.01.2013
příjezd	Žižkov	2	2	40	7600		08.01.2013	08.01.2013	11:27		
příjezd	Žižkov	1	1	20	23900	08.01.2013		08.01.2013	08:22		
odjezd	Mělník	31	16	610	704268	06.01.2013		06.01.2013	07:49	12:19	06.01.2013
příjezd	Mělník	18	14	280	307433		08.01.2013	08.01.2013	12:58	15:31	08.01.2013
příjezd	Koper	36	36	506	465372		09.01.2013	09.01.2013	11:22		
odjezd	Mělník	26	15	300	335911	08.01.2013		08.01.2013	15:31	15:31	08.01.2013
příjezd	Žižkov	1	1	20	17900		09.01.2013	09.01.2013	12:06	14:19	09.01.2013
odjezd	Koper	39	23	506	533900	09.01.2013		08.01.2013	08:11	11:03	09.01.2013
odjezd	Žižkov	4	5	100	91610	09.01.2013		09.01.2013	12:06	14:19	09.01.2013

Příloha B Výsledky experimentu č. 2 zpracované intervalovým odhadem

Tab. č. p. 2: Počet vlaků příjezdějících na vykládku

Lovosice [-]	Trieste [-]	Koper [-]	Hamburg, Žižkov, Brno [-]	Mělník, Bremenhaven [-]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
181,4	36,8	67,2	243,6	170,4
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
1,8	5,0	1,1	0,9	0,5
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
179,1	30,6	65,8	242,5	169,7
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
183,7	43,0	68,6	244,7	171,1

Tab. č. p. 3: Počet vlaků odjíždějících z nakládky

Lovosice [-]	Trieste [-]	Koper [-]	Hamburg, Žižkov, Brno [-]	Mělník, Bremenhaven [-]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
181,4	36,8	67,2	243,6	170,4
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
1,8	5,0	1,1	0,9	0,5
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
179,1	30,6	65,8	242,5	169,7
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
183,7	43,0	68,6	244,7	171,1

Tab. č. p. 4: Průměrné doby pobytů kontejnerů a návěsů na úložných plochách

Kontejnery Maersk [min]	Kontejnery Glovis [min]	Kontejnery Intrans [min]	Návěsy Ekol [min]	Návěsy Ewals [min]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
1110,6	67099,3	9386,8	94636,1	44234,1
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
336,8	12344,0	2080,4	28577,4	11595,4
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
692,3	51772,2	6803,6	59152,5	29836,5
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
1528,8	82426,4	11970,0	130119,6	58631,7

Tab. č. p. 5: Průměrné doby pobytů vlaků v terminálu

Lovosice [min]	Trieste [min]	Koper [min]	Hamburg, Žižkov, Brno [min]	Mělník, Bremenhaven [min]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
70,2	515,3	239,2	95,1	211,8
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
1,4	23,7	5,1	2,8	2,5
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
68,4	485,9	232,8	91,6	208,7
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
70,2	515,7	239,2	95,1	211,8

Příloha C Výsledky experimentu č. 3 zpracované intervalovým odhadem

Tab. č. p. 6: Počet vlaků přijíždějících na vykládku

Lovosice [-]	Trieste [-]	Koper [-]	Hamburg, Žižkov, Brno [-]	Mělník, Bremenhaven [-]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
204,0	41,0	76,0	273,8	192,4
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
1,4	3,9	1,2	0,4	0,9
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
202,2	36,1	74,5	273,2	191,3
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
205,8	45,9	77,5	274,4	193,5

Tab. č. p. 7: Počet vlaků odjíždějících z nakládky

Lovosice [-]	Trieste [-]	Koper [-]	Hamburg, Žižkov, Brno [-]	Mělník, Bremenhaven [-]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
204,0	41,0	76,0	273,8	192,4
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
1,4	3,9	1,2	0,4	0,9
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
202,2	36,1	74,5	273,2	191,3
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
205,8	45,9	77,5	274,4	193,5

Tab. č. p. 8: Průměrné doby pobytů kontejnerů a návěsů na úložných plochách

Kontejnery Maersk [min]	Kontejnery Glovis [min]	Kontejnery Intrans [min]	Návěsy Ekol [min]	Návěsy Ewals [min]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
1007,2	49671,5	10058,1	100263,8	44511,0
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
302,9	6735,0	2598,2	29287,4	8532,9
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
631,1	41308,8	6832,0	63898,7	33916,0
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
1383,3	58034,1	13284,1	136628,8	55106,0

Tab. č. p. 9: Průměrné doby pobytů vlaků v terminálu

Lovosice [min]	Trieste [min]	Koper [min]	Hamburg, Žižkov, Brno [min]	Mělník, Bremenhaven [min]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
70,1	509,4	238,6	95,0	211,5
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
1,3	20,8	2,4	3,3	1,0
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
68,5	483,5	235,6	90,9	210,3
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
71,6	535,3	241,6	99,2	212,8

Příloha D Výsledky experimentu č. 4 zpracované intervalovým odhadem

Tab. č. p. 10: Počet vlaků příjezdějících na vykládku

Lovosice [-]	Trieste [-]	Koper [-]	Hamburg, Žižkov, Brno [-]	Mělník, Bremenhaven [-]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
242,4	49,6	88,6	301,0	224,6
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
3,8	5,4	1,7	0,7	0,9
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
237,6	42,9	86,5	300,1	223,5
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
247,2	56,3	90,7	301,9	225,7

Tab. č. p. 11: Počet vlaků odjíždějících z nakládky

Lovosice [-]	Trieste [-]	Koper [-]	Hamburg, Žižkov, Brno [-]	Mělník, Bremenhaven [-]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
242,4	49,6	88,6	301,0	224,6
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
3,8	5,4	1,7	0,7	0,9
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
237,6	42,9	86,5	300,1	223,5
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
247,2	56,3	90,7	301,9	225,7

Tab. č. p. 12: Průměrné doby pobytů kontejnerů a návěsů na úložných plochách

Kontejnery Maersk [min]	Kontejnery Glovis [min]	Kontejnery Intrans [min]	Návěsy Ekol [min]	Návěsy Ewals [min]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
833,0	37676,3	10142,6	96947,8	35374,3
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
230,6	5451,2	2429,8	22665,9	13927,8
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
546,6	30907,8	7125,6	68804,3	18080,6
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
1119,4	44444,9	13159,6	125091,3	52667,9

Tab. č. p. 13: Průměrné doby pobytů vlaků v terminálu

Lovosice [min]	Trieste [min]	Koper [min]	Hamburg, Žižkov, Brno [min]	Mělník, Bremenhaven [min]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
69,9	515,5	237,4	94,5	213,4
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
1,2	21,7	2,9	1,7	1,9
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
68,4	488,6	233,8	92,4	211,1
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
71,3	542,4	241,0	96,7	215,7

Příloha E Výsledky experimentu č. 5 zpracované intervalovým odhadem

Tab. č. p. 14: Počet vlaků příjezdějících na vykládku

Lovosice [-]	Trieste [-]	Koper [-]	Hamburg, Žižkov, Brno [-]	Mělník, Bremenhaven [-]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
287,8	62,8	106,0	353,0	253,8
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
1,3	1,1	1,2	1,0	0,4
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
286,2	61,4	104,5	351,8	253,2
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
289,4	64,2	107,5	354,2	254,4

Tab. č. p. 15: Počet vlaků odjíždějících z nakládky

Lovosice [-]	Trieste [-]	Koper [-]	Hamburg, Žižkov, Brno [-]	Mělník, Bremenhaven [-]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
287,8	62,8	106,0	353,0	253,6
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
1,3	1,1	1,2	1,0	0,4
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
286,2	61,4	104,5	351,8	253,2
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
289,4	64,2	107,5	354,2	254,4

Tab. č. p. 16: Průměrné doby pobytů kontejnerů a návěsů na úložných plochách

Kontejnery Maersk [min]	Kontejnery Glovis [min]	Kontejnery Intrans [min]	Návěsy Ekol [min]	Návěsy Ewals [min]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
923,4	26799,1	8114,2	101136,7	30732,3
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
374,3	3435,1	1453,8	4670,0	13697,7
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
458,6	22533,8	6309,0	95338,1	13724,4
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
1388,2	31064,3	9919,3	106935,3	47740,2

Tab. č. p. 17: Průměrné doby pobytů vlaků v terminálu

Lovosice [min]	Trieste [min]	Koper [min]	Hamburg, Žižkov, Brno [min]	Mělník, Bremenhaven [min]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
70,5	528,3	239,2	95,0	213,3
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
1,1	11,1	1,4	1,8	0,8
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
69,2	514,5	237,4	92,8	212,3
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
71,9	542,1	241,0	97,3	214,3

Tab. č. p. 18: Počet vlaků přijíždějících na vykládku

Lovosice [-]	Trieste [-]	Koper [-]	Hamburg, Žižkov, Brno [-]	Mělník, Bremenhaven [-]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
357,6	68,6	121,6	426,6	307,0
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
1,5	1,1	0,9	0,5	1,0
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
355,7	67,2	120,5	425,9	305,8
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
359,5	70,0	122,7	427,3	308,2

Tab. č. p. 19: Počet vlaků odjíždějících z nakládky

Lovosice [-]	Trieste [-]	Koper [-]	Hamburg, Žižkov, Brno [-]	Mělník, Bremenhaven [-]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
357,6	68,6	121,6	426,6	307,0
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
1,5	1,1	0,9	0,5	1,0
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
355,7	67,2	120,5	425,9	305,8
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
359,5	70,0	122,7	427,3	308,2

Tab. č. p. 20: Průměrné doby pobytů kontejnerů a návěsů na úložných plochách

Kontejnery Maersk [min]	Kontejnery Glovis [min]	Kontejnery Intrans [min]	Návěsy Ekol [min]	Návěsy Ewals [min]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
665,3	19232,7	6362,4	92896,1	30703,9
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
172,2	2987,1	2689,7	5840,4	5113,7
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
451,4	15523,7	3022,7	85644,3	24354,4
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
879,1	22941,7	9702,1	100147,9	37053,4

Tab. č. p. 21: Průměrné doby pobytů vlaků v terminálu

Lovosice [min]	Trieste [min]	Koper [min]	Hamburg, Žižkov, Brno [min]	Mělník, Bremenhaven [min]
Průměr	Průměr	Průměr	Průměr	Průměr
71,4	527,4	238,5	92,0	209,7
Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s	Směrodatná odchylka s
1,6	6,6	2,6	2,4	2,8
T _d	T _d	T _d	T _d	T _d
69,4	519,3	235,3	89,0	206,2
T _h	T _h	T _h	T _h	T _h
73,3	535,6	241,7	94,9	213,2